UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

PROYECTO FIN DE CARRERA

Tecnología iVPN. Red Ethernet/MPLS con equipos Alcatel 7750

Autor: Rubén Álvarez Codoñer

Tutor: Luis Enrique García Muñoz

1. Índice:

Introducción..... Pág. 5

Historia del Alcatel 7750..... Pág. 9

Objetivos del proyecto..... Pág. 10

Escenario..... Pág. 12

Objetivos..... Pág. 13

Glosario..... Pág. 15

Alcatel 7750 y sus protocolos de red..... Pág. 17

OAM..... Pág. 17

OSPF..... Pág. 19

RSVP..... Pág. 20

Creación de LSP mediante RSVP..... Pág. 20

Ingeniería de tráfico en RSVP..... Pág. 21

Protección de caminos..... Pág. 23

Fast Reroute (FRR)..... Pág. 24

MPLS..... Pág. 26

Definición..... Pág. 26

Aplicaciones..... Pág. 27

MPLS en el modelo OSI..... Pág. 29

Etiquetas de MPLS..... Pág. 30

Señalización de etiquetas. ¿Qué es un LSP?..... Pág. 32

Señalización y Distribución de Etiquetas..... Pág. 32

LSPs estáticos..... Pág. 33

LSPs señalizados…… Pág. 33

Beneficios de la tecnología MPLS…… Pág. 33

LDP…… Pág. 36

ALCATEL 7750 SR-12 Y SRc-12…… Pág. 37

Alcatel 7750 SR-12…… Pág. 38

Características del equipo…… Pág. 39

Alcatel 7750 SRc-12…… Pág. 41

Características del equipo…… Pág. 42

Comparativas entre los equipos ALU 7750…… Pág. 43

Ventajas de los equipo ALU…… Pág. 44

Gestor de mantenimiento: 5620 SAM…… Pág. 45

Protocolo SNMP…… Pág. 47

Equipamientos del 7750…… Pág. 49

Definición y clases de servicio…… Pág. 51

Servicios punto a punto…… Pág. 52

Servicios multipunto…… Pág. 54

Diseño de la red 7750…… Pág. 59

Arquitectura de red…… Pág. 60

Elementos de red…… Pág. 61

Arquitectura lógica de red…… Pág. 62

Criterios de asignación…… Pág. 67

Asignación de puertos…… Pág. 67

Asignación de los servicios…… Pág. 69

Criterios de planificación…… Pág. 70

Capacidad de los equipos 7750…… Pág. 70

Equipado de placas…… Pág. 72

Asignación de IP de sistema…… Pág. 74

Asignación de IP de los interfaces…… Pág. 74

Asignación de caminos y LSP…… Pág. 75

Asignación de SDP…… Pág. 78

Diseño de la red de gestión fuera de banda…… Pág. 81

Introducción…… Pág. 81

Cisco 2911…… Pág. 81

Diseño…… Pág. 81

Asignación de IPs de gestión…… Pág. 84

Mapa red de gestión…… Pág. 84

Diagrama completo de la red…… Pág. 86

Conclusiones…… Pág. 87

1. Introducción:

Actualmente las redes de conmutación de datos de la mayor parte de las operadoras que trabajan en España están en procesos de migración o implantación de unos equipos de la marca Alcatel de la familia 77xx.

Hace unos años, se podían ver muchas tecnologías conviviendo en una misma red de datos, como podía ser redes ATM (un claro ejemplo podrían ser los equipos Passport, que suponen el 80% de la red de Citibank), redes Ethernet u otro tipo de redes que se "hablaban" unas con otras gracias a equipos de traducción de protocolos que hacían de puente entre las diferentes nubes de datos que existían en la red.

Vamos a conocer un poco más detalladamente el caso actual de las dos grandes tecnologías que conviven aún: ATM y Ethernet. La primera, cada vez, cediendo un mayor terreno a la segunda.

- **ATM**: Proviene de las siglas en ingles Asynchronous Transfer Mode, o lo que es lo mismo Modo de Transferencia Asíncrona.
  La primera referencia del ATM (Asynchronous Transfer Mode) tiene lugar en los años 60, cuando un norteamericano de origen oriental perteneciente a los laboratorios Bell describió y patentó un modo de transferencia no síncrono. Sin embargo el ATM no se hizo popular hasta 1988 cuando el CCITT decidió que sería la tecnología de conmutación de las futuras red ISDN en banda ancha (rec I.121). En aquella histórica fecha los valedores del ATM tuvieron primero que persuadir a algunos representantes de las redes de comunicaciones que hubieran preferido una simple ampliación de las capacidades de la ISDN en banda estrecha. Conseguido este primer objetivo y desechando los esquemas de transmisión síncronos, se empezaron a discutir aspectos tales como el tamaño de las células. Por un lado, los representantes de EEUU y algún otro país proponían un tamaño de células grande de unos 128 bytes. Su argumento era que cuanto mayor es el tamaño de las células menor es el overead, parámetro muy importante cuando se desean transmitir datos. Sin embargo los representantes de los países europeos el tamaño ideal de las

células era de 16 bytes, y señalaron que un tamaño de célula de 128 bytes provocaría retardos inaceptables de hasta 85 ms. Este retardo no permitiría la transmisión de voz con cierto nivel de calidad a la vez que obligaba a instalar canceladores de eco.

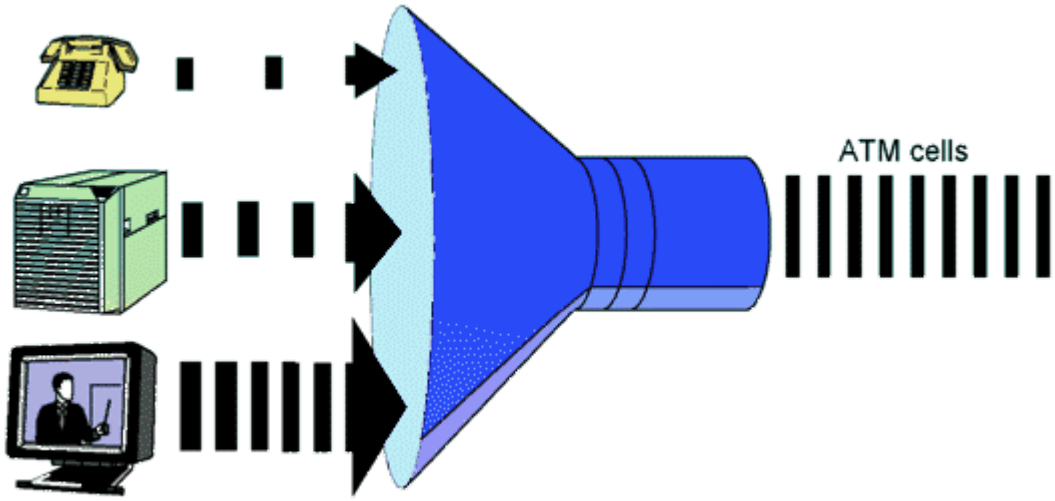
Después de muchas discusiones, ambas partes habían hecho una concesión: el lobby norteamericano proponían 64 bytes y el lobby europeo 32 bytes que básicamente coincidían con los representantes de las redes de datos y las redes de voz respectivamente. Ante la falta de acuerdo en la reunión del CCITT celebrada en Ginebra en Junio de 1989 se tomó una decisión salomónica: "Ni para unos ni para otros. 48 bytes será el tamaño de la célula". Para la cabecera hubo posicionamientos similares, y el definitivo tamaño de 5 bytes también fue un compromiso.

Un extraño número primo 53 (48+5) sería el tamaño definitivo, en octetos, de las células ATM. Un número que tuvo la virtud de no satisfacer a nadie pero que suponía un compromiso de todos grupos de interés y evitaba una ruptura de consecuencias imprevisibles.

El éxito de esta tecnología vino unos años más tarde, cuando las nuevas necesidades de comunicaciones aparecidas en la década de los 80 orientaron las comunicaciones hacia la conmutación de paquetes en alta velocidad para contar simultáneamente con las ventajas de las redes de circuitos y las redes de paquetes. La nueva tecnología debería ser capaz de proporcionar anchos de banda variables, ser transparente a los protocolos utilizados y soportar una gama amplia de servicios con soluciones específicas de velocidad, sincronización y latencia. Con éstas especificaciones aparecieron dos tecnologías de acceso en la interface usuario/red: Frame Relay y Cell Relay, la primera para transmitir datos especialmente y la segunda para transmitir cualquier tipo de tráfico. Las dos reclaman para sí lo mejor de ambos mundos, esto es la predictibilidad de las redes de circuitos y la flexibilidad de las redes de paquetes.

ATM, por tanto, proporciona las mejores características de las redes de paquetes y de las redes de circuitos conmutados.

A modo gráfico se podría ver de la siguiente manera:



- **Ethernet**: La mayor parte del tráfico de Internet se origina y se termina en conexiones de Ethernet. Esta tecnología surgió a comienzos de la década de 1970 y ha ido evolucionando para satisfacer la demanda de las LAN de alta velocidad (fast Ethernet y giga Ethernet).

  En el momento en el que aparece un nuevo medio, como fue la fibra óptica, Ethernet se adapta para sacar ventaja de un ancho de banda superior y de un menor índice de errores que la fibra ofrece. De esta manera las tasas de transferencia que en 1973 de conseguían de alrededor de 3 Mbps, a día de hoy llegan a los 10 Gbps y siguen en aumento.

  Cabe destacar el por qué del éxito de esta tecnología:

  - Sencillez y facilidad de mantenimiento.
  - Capacidad de incorporar nuevas tecnologías.
  - Fiabilidad.
  - Bajo coste.

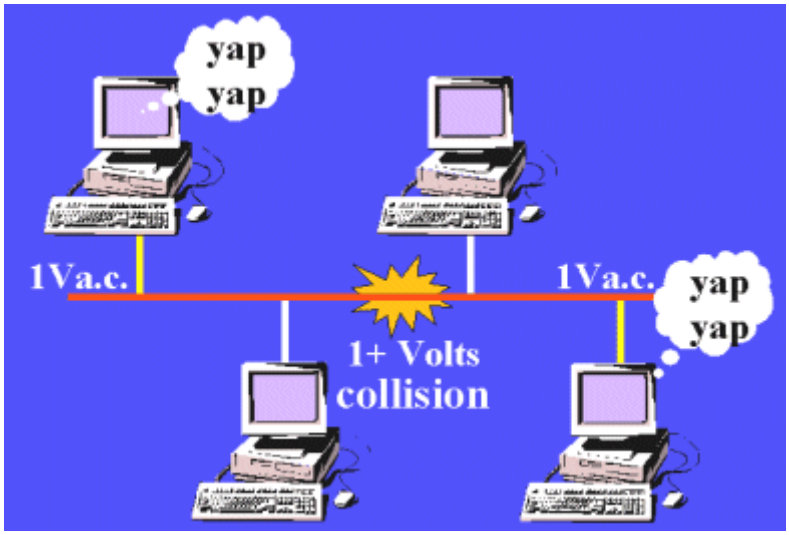
  Con la llegada de Gigabit Ehernet lo que comenzó como una tecnología LAN (líneas de acceso local) se ha convertido en un estándar de red metropolitana o MAN y de red amplia o WAN.

  La base de la creación de Ethernet nació del problema de permitir que dos o más hosts utilizaran el mismo medio físico

de transmisión y evitar que las señales se interfirieran entre sí. Después de varias formas de conseguirlo surgió CSMA/CD.

CSMA/CD, es el acronimo de “Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detect”. Esto quiere decir que Ethernet analiza el medio para saber cuándo puede acceder, e igualmente detecta cuándo sucede una colisión (p.e. cuando dos equipos trasmiten al mismo tiempo).

Cuando dos estaciones trasmiten, y se superponen sus trasmisiones, hay una colisión y las estaciones deben de retrasmitir la señal. Este principio lo retomó CSMA/CD. Aquí lo que se hace es analizar el medio físico (el cable) y "mirar" cuándo puedo entrar, es decir, cuando puedo transmitir. Esto es el Carrier Sense, es decir, mirar si hay una portadora sobre el medio. Si no hay portadora puedo trasmitir, pero puede ocurrir que alguna estación ya haya trasmitido y, por retardo en la red, algún equipo (en un extremo por ejemplo) no se haya dado cuenta. Si el equipo que no se ha enterado trasmite, existirá una colisión.



Cuando la colisión es detectada, ambos equipos dejan de trasmitir, e intentaran trasmitir de nuevo en un tiempo aleatorio, que dependerá del tipo de Persistencia de CSMA/CD

1.1 Historia del Alcatel 7750:

Una vez introducidas las diferentes redes que nos podemos encontrar en la actualidad a la hora de montar una red con equipos 7750 voy a introducir brevemente la evolución de dichos equipos.

Para hacernos una idea existen tres modelos diferentes que solo se diferencian en capacidad de procesado y capacidad de tarjetas de acceso que son capaces de soportar, pero a fin de crear una red, los tres son básicamente iguales.

Un ejemplo de uno de los tipos de chasis, en concreto, el más potente de todos sería el siguiente:

Alcatel 7750 SR-12

Este equipo nació de la necesidad que existía en las operadoras de trabajar con equipos de conmutación que utilizaran sus redes Ethernet. Alcatel buscó un equipo que solucionara esa necesidad pero desde un punto de vista diferente a como lo estaban haciendo otros equipos de la competencia.

Mientras la mayoría de redes Ethernet montaban IP por encima. Alcatel apostó por las VPLS, es decir, no movía tráfico extremo a extremo a nivel 3 de la torre OSI, sino a nivel 2. Esto es conocido como red MPLS/Ethernet.

Esta apuesta, inicialmente, no fue una ventaja, ya que se buscaba en toda red de datos una arquitectura parecida a la de internet, pero actualmente ha surgido el problema de que se están acabando los rangos de IP, lo que ha dado lugar al desarrollo de IP versión 6, que es capaz de ampliar dicho rango numérico mediante el uso de más bits.

En este sentido, los 7750 no suponen ningún problema ya que mueven tráfico extremo a extremo gracias a etiquetas MPLS y crean subredes mediantes VPLS. Este fue el gran éxito que ha conseguido establecer este tipo de equipos como el líder actual en, al menos, las operadoras españolas.

De esta manera han solucionado el problema de falta de rangos de IPs, aunque no todo son ventajas. El mayor problema que se encontró Alcatel con esta solución era que los equipos tenían que tener mucha capacidad de cómputo (lo que se traduce en aumentar el precio y por lo tanto una pérdida de competitividad). Por ello, las procesadoras de los equipos tenían que poseer una CPU potente para ser capaces de soportar el aprendizaje de una cantidad enorme de MACs de los equipos de la red. La solución a esta problemática fue el introducir parte de esa capacidad de cómputo en las tarjetas de acceso, y de esta manera, dichas tarjetas procesarían las MACs y se dejaría a las controladoras para que se encargaran del routing de la red.

1.2 Objetivos del proyecto:

El objetivo de este trabajo consiste en crear una red viable con equipos 7750. Para ello, presentaré los diferentes protocolos a usar y las posibilidades que nos da el equipo para llevar a cabo dicha red.

Todo ello, atendiendo a unos objetivos concretos, que consistirán en la búsqueda de los siguientes parámetros:

- Robustez: con esto quiero indicar que se planificará cierta redundancia entre los caminos lógicos que tenga la red, para dar fiabilidad ante cortes. Además habrá que implementar medidas para detectar cortes de conectividad y de esa manera actuar rápidamente para que no haya una pérdida de datos. El motivo de un corte o un microcorte en la conexión de un cliente es uno de los principales motivos por el que una operadora pierde a un cliente, por lo tanto, hay que prestar una especial atención a estos factores.
- Velocidad: una de las grades quejas de todos los clientes es el retardo de sus conexiones. Existen varias maneras de hacer un control de calidad de la velocidad de las conexiones, pero la más común es la introducción de equipos en la red, que actúan como sondas para hacer diferentes medidas de calidad como pueden ser el delay o el jitter.
- Gestión: es muy importante en una red amplia, tener una red paralela de gestión que permita monitorizar los equipos y detectar si sufren algún problema para poner una rápida solución. En este apartado introduciré una maquina de gestión que aporta Alcatel para la monitorización de estos equipos que se llama 5620 SAM.
- Económicos: como en todo proyecto inicial en la creación de una red, uno de los factores principales siempre es buscar la solución de más calidad, pero lo más barata posible. Los factores económicos no hacen solo referencia al despliegue, ya que el verdadero ahorro de costes viene en los contratos de mantenimiento. Una red bien monitorizada y con una buena implementación de protocolos de gestión ahorra mucho dinero a la hora de resolver cualquier avería que pueda ocurrir.

Con estas puntualizaciones desarrollaré la arquitectura de una pequeña red de datos mediante equipos 7750 que sea funcional y que minimice los retardos y posibles problemas que se puedan generar a lo largo de su hipotético futuro funcionamiento. Para ello, iré presentando

más en detalle las funcionalidades del equipo y los protocolos a usar para llevar a cabo la práctica.

2. Escenario:

Vamos a suponer que disponemos de ocho nodos alejados unos de otros encontrándose en diferentes provincias de España, que por ejemplo serán:

Lo que se quiere conseguir es crear una red inicial basada en equipos 7750 con posibilidad de crecimiento para futuras ampliaciones con la apertura de nuevos nodos en más localizaciones de España.

3. Objetivos

Para conseguir una red funcional presentaré parte de las funcionalidades que me serán útiles para el desarrollo de la red así como una explicación de todos los protocolos a usar.

En la actualidad, existe una transformación de prácticamente todas las comunicaciones a redes Ethernet/IP/MPLS, lo que ha generado grandes cambios. Sin embargo, aún existe una enorme base instalada de equipos que utilizan TDM, que dependen del transporte PDH/SDH y de la información de los circuitos de control. Aunque es posible que estos servicios TDM no se reemplacen en su totalidad a corto plazo, se aprovecha cada vez más la mayor flexibilidad y el costo menor que ofrece la tecnología MPLS para redes metropolitanas. MPLS es una solución que integra el control del enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación de la capa 2. Además, MPLS permite a los proveedores de servicios construir redes altamente fiables y escalables y ofrecer a los clientes de IP servicios diferenciados en función de calidad de servicio y otras características. La finalidad de la integración de redes es el poder optimizar el servicio brindado por las redes actuales de transporte masivo; ya que tanto los nuevos abonados como los nuevos servicios que se les puede ofrecer requieren una utilización del medio más eficaz y productiva.

El objetivo de este proyecto es dar una idea de una red real de conmutación formada por equipos Alcatel 7750 que, aunque a pequeña escala, podría utilizar cualquier operadora de servicios, y analizar los requisitos indispensables que suele pedir cualquier cliente de dichas empresas para dar la mejor solución a sus demandas. Estos equipos forman redes MPLS con lo que sería una solución muy viable para cualquier proveedor de servicios actual que quiera crear una nueva red de conmutación paralela aprovechando todos los recursos obsoletos de transmisión que tenga y permitiéndole actualizar su red progresivamente sin que le perjudique económicamente.

Los equipos Alcatel-Lucent, presentan características de confiabilidad, redundancia, soporta enrutamiento y conmutación en base a etiquetas (Servicios MPLS), además son lo suficientemente robustos para soportar una red multiservicios, estos motivos, junto a los conocimientos que me

ha dado el trabajar con ellos son las razones por utilizarlos para este proyecto.

A continuación iré exponiendo los diferentes protocolos y características que utilizan los ALU 7750, para poder finalmente presentar un esquema de una red real de datos.

4. Glosario:

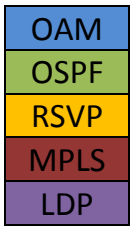
En este apartado quiero introducir algunos conceptos que voy a tener que utilizar en las explicaciones de ciertos protocolos que utiliza el 7750, aunque más adelante los explique más detalladamente:

- **MPLS: "**Multi - Protocol Label Switching" es una solución que integra el control del enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación de la capa 2.
- **Ethernet:** Estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.
- **ATM:** Es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.
- **Frame Relay:** Técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual, introducida por la ITU-T a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos ("*frames*") para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.
- **LSP:** Define un camino a través de la red que todos los paquetes asignados a un FEC específico lo siguen.
- **BGP:** Protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento entre sistemas autónomos.
- **VPN:** Tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.
- **VPRN:** Es otro tipo de VPN (Capa 3) que permite la conexión de múltiples sitios dominio enrutado sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios.
- **VPLS:** Es una clase de VPN (Capa 2) que permite la conexión de múltiples sitios en un dominio conmutado sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios
- **RSVP:** Solicita recursos para flujos en una sola dirección (unidireccional).
- **LDP:** Protocolo para la distribución de etiquetas

- **RSVP-TE:** RSVP con Ingeniería de Tráfico.
- **7750 SR-12:** Enrutador Alcatel-Lucent, Router de Servicio.
- **E - PIPE:** Servicio Punto a Punto, que sirve para transportar tráfico Ethernet.
- **C - PIPE:** Servicio Punto a Punto, que sirve para transportar tráfico TDM.

5. Alcatel 7750 y sus protocolos de red:

Haciendo una equivalencia a una torre OSI, los protocolos que utilizaré para dar viabilidad a la red serán:



5.1 OAM:

Un tema de actualidad en los servicios de redes de datos es el protocolo OAM, que por sus siglas hace referencia a la "Operación, Administración y Mantenimiento" de redes con última milla ethernet y servicios extremo a extremo que entregan los datos en interfaz ethernet al cliente.

Los estándares que definen este protocolo son 802.3ah, 802.1ag y I.1731; la ventaja principal del uso de OAM en redes ethernet es la facilidad que este provee para detectar fallos en la red de manera más rápida, medir desempeño de la red, realizar pruebas de loopback y de conectividad a nivel de capa 2, y entre todas las funcionalidades de OAM la que más llama la atención de los proveedores de servicios se trata de la detección de fallos eléctricos en el equipo remoto.

OAM es un protocolo de uso a nivel mundial en las redes de telecomunicaciones, y es una tecnología la cual ya se está implementando en las redes 7750 de toda España.

Hoy en día es la tecnología más utilizada en las redes de acceso por los proveedores de servicio es Ethernet, dado que esta tecnología provee mayor economía al momento del despliegue de redes y crecimiento, el tiempo de comisionamiento es menor, los equipos a utilizar son más económicos, y se puede transportar sobre otras tecnologías como SDH.

Las facilidades hacia el usuario son servicios de capa 2 en las cuales se puede interconectar varias sedes del cliente final simulando un switch virtual como si todo fuera una sola red.

Para hacer más fiable el transporte de datos sobre redes ethernet se aplican tecnologías como MPLS o Carrier Ethernet, y se aplican protocolos de OAM que junto a políticas de calidad de servicio hace óptimo la transmisión de datos de diferentes aplicaciones como VoIP (voz sobre IP), Video, Triple Play. Los protocolos de OAM proporcionan a los proveedores mecanismos de diagnóstico, gestión y medición de performance, para manejar de manera remota los recursos de red.

El funcionamiento de este protocolo consiste en lo siguiente. En los dos puertos de cada interfaz se configura OAM. Uno de los puertos será activo y el otro pasivo. Cada cierto tiempo el puerto activo enviará un paquete de datos para indicar que se encuentra activo y el puerto pasivo se encontrará todo el rato esperando dicho paquete. En el momento en el que le llegue el paquete del puerto activo, el puerto pasivo contestará diciendo que se encuentra también activo. Si pasa más tiempo que el determinado y el puerto pasivo no recibe el paquete del puerto activo, o el activo no recibe la respuesta del pasivo, el puerto que sí se encuentra funcionando enviará una orden para alarmar el interfaz extremo a extremo. De esta manera saltarán las alarmas en las herramientas de monitorización y se podrá gestionar una avería en el mismo momento en el que ocurre.

Por lo tanto, en resumen, las ventajas que ofrece el utilizar este protocolo en nuestra red serían:

- Se disminuye la frecuencia de envío de personal técnico al sitio remoto para revisión de fallos. Este aspecto es muy importante a nivel económico en una empresa, ya que estos servicios suelen estar subcontratados. Al poder monitorizar problemas y determinar si se encuentra en un extremo o en el otro se ahorran visitas (solo tienen que pasar por el extremo afectado) y, por tanto, se ahorra dinero. A parte, otro de los servicios subcontratados es la logística de materiales de reemplazo. De esta manera también habría que gestionar un único movimiento.

- Se monitoriza la red y los servicios que se encuentran en ésta, aportando una visión end-to-end de los servicios ofrecidos sobre ésta. Este punto de vista es interesante de cara a la calidad de la red, y, por tanto, la calidad que se ofrece al cliente. Al detectar fallos instantáneamente es posible gestionar rápidamente un técnico para solucionarlo y, a su vez, se pueden priorizar las averías en función de la importancia que tengan.

5.2 OSPF:

"Abrir la ruta de acceso más corta primero" (OSPF, Open Shortest Path First) está diseñado para intercambiar información de enrutamiento dentro de una interconexión de redes extensa o muy extensa.

Una red OSPF se puede descomponer en regiones (áreas) más pequeñas. Hay un área especial llamada **área backbone** que forma la parte central de la red y donde hay otras áreas conectadas a ella. Las rutas entre diferentes áreas circulan siempre por el backbone, por lo tanto todas las áreas deben conectar con el backbone. Si no es posible hacer una conexión directa con el backbone, se puede hacer un enlace virtual entre redes.

OSPF organiza un sistema autónomo (AS) en áreas. Estas áreas son grupos lógicos de routers cuya información se puede resumir para el resto de la red. Un área es una unidad de enrutamiento, es decir, todos los routers de la misma área mantienen la misma información topológica en su base de datos de estado-enlace (Link State Database). De esta forma, los cambios en una parte de la red no tienen por qué afectar a toda ella, y buena parte del tráfico puede ser "parcelado" en su área.

La mayor ventaja de OSPF es que es eficaz; requiere un uso escaso de la red, incluso en el caso de interconexiones de redes de gran tamaño.

La mayor desventaja de OSPF es su complejidad; requiere una organización adecuada y resulta más difícil de configurar y administrar.

En este sentido, OSPF se adapta perfectamente a los requisitos de la red que quiero crear, ya que busco más la eficacia que la complejidad de la administración.

5.3 RSVP:

El significado de este acrónimo es Resource Reservation Protocol.

Originalmente RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos) fue desarrollado como un protocolo de control para ser usado por un host para solicitar calidades de servicio específicas de la red para una aplicación en particular. Además, RSVP fue definido para ser usado por routers para entregar QoS a todos los nodos que lo requieran a través de las rutas. Estas solicitudes RSVP generalmente consisten en salvaguardar los recursos de cada nodo a lo largo de la ruta de datos. Cuando se utiliza con MPLS, RSVP aprovecha este mecanismo para establecer Ingeniería de tráfico con los LSPs.

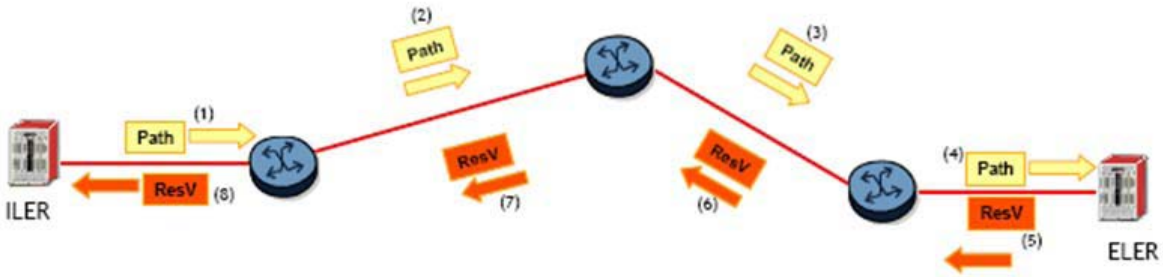
RSVP solicita recursos para flujos en una sola dirección (unidireccional). RSVP trata a un equipo que envía de forma diferente a uno que recibe, aunque dicho equipo puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo. Un flujo dúplex requiere de dos LSPs, para llevar el tráfico en ambas direcciones. Vale recalcar que RSVP no es un protocolo de enrutamiento, sino más bien, trabaja en conjunto con ellos, unicast y multicast. Éstos determinan hacia dónde se enviarán los paquetes. RSVP consulta en las tablas de enrutamiento locales para reenviar los mensajes RSVP.

En resumen, RSVP es un protocolo que reserva recursos de red de forma unidireccional haciendo uso de los LSP.

5.3.1 Creación de LSP mediante RSVP:

RSVP usa dos tipos de mensajes para establecer los LSPs, PATH y RESV.

En el dibujo se puede ver cómo se lleva a cabo este proceso:



El equipo iLER (“Ingress Label Edge Router”) envía un mensaje PATH hacia el receptor (eLER, “Egress Label Edge Router”) para indicar el FEC (“Fast Ethernet Controller) al cual una etiqueta es vinculada. Los mensajes PATH son usados para señalizar y solicitar etiquetas vinculantes para establecer LSPs entre las idas y vueltas de la red MPLS. El eLER envía la información sobre la etiqueta en un mensaje RESV en respuesta al mensaje PATH recibido. RESV permite a los routers a lo largo del camino hacer la reserva necesaria de ancho de banda y distribuir la etiqueta hacia el iLER. El LSP es considerado como operacional cuando el iLER recibe información de la etiqueta vinculante.

5.3.2 Ingeniería de tráfico en RSVP:

RSVP-TE es un conjunto de extensiones de Ingeniería de Tráfico destinado para el uso por los LSRs para establecer y mantener túneles LSP de transporte y reservar recursos de red para los mismos.

La especificación RSVP-TE esencialmente permite una sesión RSVP para agregar tráfico entre el nodo de origen de un túnel LSP y el nodo de destino de dicho túnel. Como él es agregado, el número de sesiones RSVP no se incrementa proporcionalmente con el tráfico en la red.

Por lo tanto, la especificación RSVP-TE soluciona un problema de gran escala con el protocolo RSVP, por ejemplo la gran cantidad de recursos de sistema que serían requeridos para administrar las reservas y mantener estable el sistema para miles e incluso millones de sesiones RSVP.

Estas extensiones que añade RSVP-TE dan soporte para la asignación de las etiquetas MPLS especificando caminos específicos para rutas loose y strict. Esto se logra creando un campo para la Solicitud de Etiquetas y otro para Objetos explícitos de enrutamiento en el mensaje PATH.

RSVP-TE opera en DoD (Downstream on Demand) con control ordenado de LSPs.

RSVP-TE es un protocolo de señalización de MPLS basado en el protocolo de reserva de recursos, originalmente usado para la señalización de conexiones de calidad de servicio IP.

Como el flujo a lo largo de un LSP es completamente identificado por una etiqueta aplicada en el nodo de origen del camino, estos caminos pueden ser tratados como túneles. Una aplicación fundamental de estos túneles es la Ingeniería de Tráfico con MPLS. El resultado es la creación de túneles con conmutación de etiquetas los cuales pueden ser enrutados automáticamente, evitando, de esta manera, problemas en la red, congestión y cuellos de botella.

RSVP-TE soporta:

- LSP enrutados explícitamente (Con o sin reserva de recursos).

Soporta caminos explícitos como una secuencia de rutas estrictas y loose.

La reserva de recursos no es algo obligatorio. Un LSP puede ser creado sin ninguna reserva de recursos.

- Por ejemplo, puede ser creado para llevar el tráfico best-effort.

- Enrutamiento explícito:

Los caminos tomados por flujos RSVP-TE pueden ser predeterminados, independientes de los protocolos de enrutamiento convencionales.

Los caminos pueden ser especificados administrativamente, o procesados automáticamente por una entidad adecuada basada en QoS y políticas requeridas.

RSVP ha sido extendido para MPLS para soportar automáticamente la señalización de LSPs. Para mejorar la escalabilidad, latencia y la fiabilidad de la señalización RSVP, muchas extensiones han sido definidas. Mensajes refresh todavía son transmitidos, pero el volumen de tráfico, la cantidad de utilización de la CPU, y la latencia de respuesta han sido reducidas. Ninguna de estas extensiones dio lugar a problemas de compatibilidad con implementaciones de RSVP tradicional. Estas implementaciones se dieron mediante el Message ID y el Protocolo Hello.

El Message ID reduce el procesamiento del mensaje refresh permitiendo al receptor identificar fácilmente un mensaje que contiene

información de un estado que no ha cambiado; mientras que el Protocolo Hello habilita a los nodos RSVP para detectar a un nodo que no es alcanzable, el mismo que es usado entre vecinos directamente conectados.

Uno de los parámetros más importantes en el diseño de una red 7750 hace referencia al diseño de la protección de los LSP mediante RSVP, por ello voy a describir más específicamente las opciones que nos permite este protocolo en el siguiente punto.

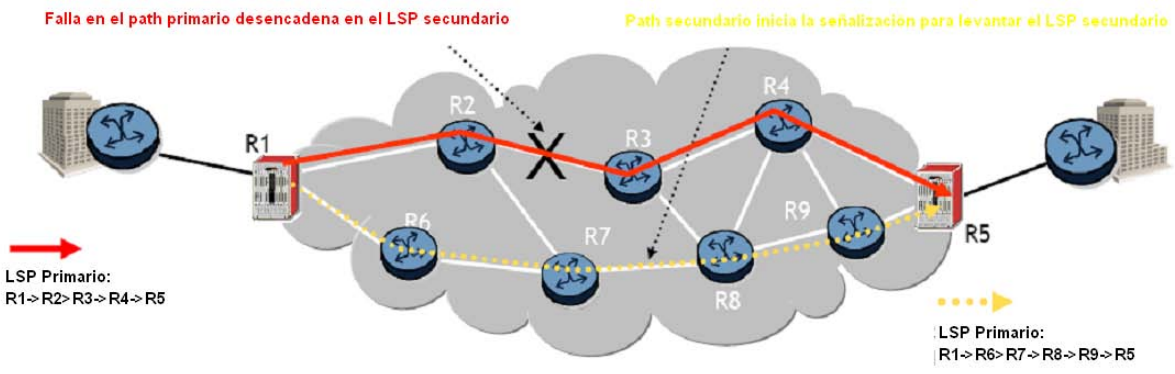
5.3.3 Protección de caminos:

Aquí encontramos dos opciones, de protección, ya sea con un LSP primario y un LSP secundario, o, con un LSP primario y un LSP standby secundario.

a) LSP Primario con LSPs secundarios.

Sólo un path primario puede ser definido para cada LSP. El path secundario no está señalizado hasta que un fallo en la red cause la caída del path primario, y que el nodo de cabecera sea alertado de dicha caída.

Entonces, el LSP usa un path alternativo si el primario no está disponible. Después de la conmutación del primario al secundario, el sistema intenta continuamente revertir el tráfico al path original; hasta 8 caminos secundarios pueden ser especificados, todos son considerados por igual y, el primero disponible es el que se usa. El sistema no conmutará entre paths secundarios. Los paths primarios y secundarios pueden ser configurados con hops estrictos o *loose*, o sin especificar dichos saltos.



b) LSP Primario con LSP secundario en standby.

La diferencia con el anterior, es que normalmente el path secundario no está señalizado a menos que el primario falle y el LSP tenga que usar el de respaldo. Éste método asegura que el LSP del path secundario esté señalizado y se mantenga indefinidamente en un estado de hot-standby. Cuando el path primario es reestablecido entonces el tráfico es conmutado de vuelta al LSP del path primario.

Ahora bien, las ventajas de usar éste modo de protección que podemos citar son las siguientes:

- El flujo de datos es determinístico en cualquier punto en el path primario.
- Los fallos múltiples a través del path primario pueden ser controlados por el mismo path secundario.
- Cuando es configurado estáticamente, ningún nodo o enlace debe ser compartido por el path primario y secundario (en caso contrario, si ese punto en común se cayera, ambos dejarían de ser útiles).
- Todo el path es protegido.

Como desventajas, las siguientes:

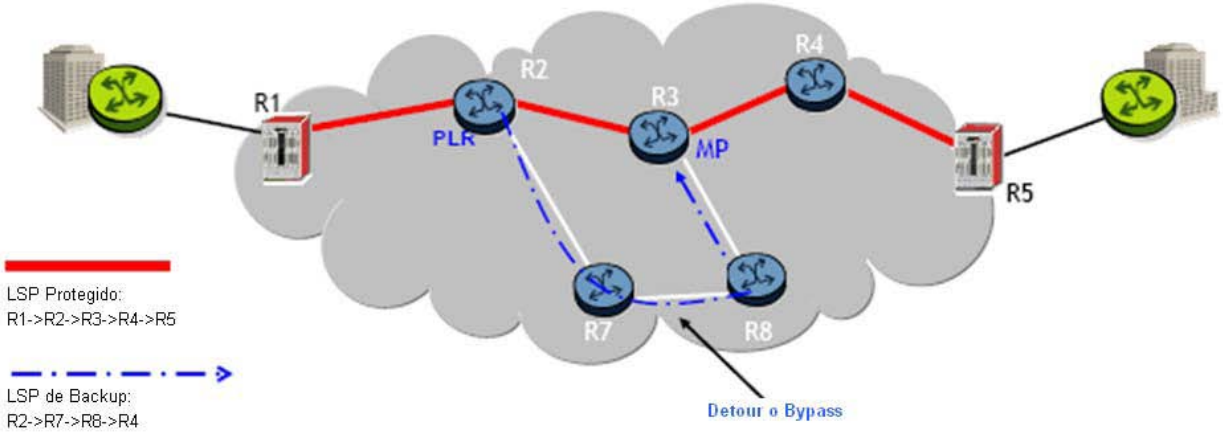
- El fallo en un nodo o en un enlace puede tardar más de un momento para reestablecer el path original.
- Muchos recursos son reservados sobre los paths primario y secundario por lo tanto, se realiza una “doble reserva”.
- La protección selectiva de un nodo o enlace no es posible; la protección por segmentos no es posible.

5.3.4 Fast Reroute (FRR):

El Fast Reroute de MPLS soluciona los problemas definiendo caminos preestablecidos y señalizando paths de backup antes de que un fallo ocurra. De esta manera el tráfico puede conmutar inmediatamente a este path por el nodo más cercano al problema. Esto permite al tráfico fluir casi continuamente, sin esperar por la convergencia del protocolo de

enrutamiento y su señalización, además de una conmutación de menos de 50 ms, minimizando al máximo la pérdida de paquetes.

Fast reroute depende de LSPs establecidos usando RSVP-TE. Usando RSVP-TE es posible predeterminar el camino que un LSP puede tomar especificando un path explícito para un LSP. Esto permite la creación de LSPs alternativos que no dependan de un mismo nodo o enlace que el LSP protegido. El nodo de origen es el encargado de señalizar a todos los routers intermedios de tránsito usando RSVP para establecer sus LSPs de respaldo.



El PLR debe ser preparado para enviar el tráfico desde el path primario, y el MP debe estar listo para devolver los datos al LSP primario.

En FRR existen dos métodos para direccionar el tráfico desde el path protegido al de respaldo:

- El método de ***respaldo uno a uno*** crea LSPs de desvío para cada LSP protegido en cada punto potencial de reparo local.
- El método de ***respaldo facilitado*** crea un túnel de desviación para proteger un punto de falla potencial, tomando las ventajas de MPLS como el apilamiento de etiquetas, este túnel puede proteger un conjunto de LSPs protegidos que tienen similares limitaciones.

Con ambos métodos, los LSPs de respaldo pueden ser establecidos para proveer protección de enlace o nodo.

5.4 MPLS:

Este protocolo es sin duda el más importante de todos y la base del gran éxito que han tenido estos equipos, al haberse situado las redes MPLS-Ethernet como las más eficientes a nivel mundial.

Es por ello, que voy a intentar profundizar lo máximo posible en todos los recovecos que pueda presentar esta tecnología.

Finalmente veremos las ventajas que supone respecto a las demás tecnologías que aún coexisten con ella.

5.4.1 Definición

MPLS, por sus siglas en inglés, ("Multi-Protocol Label Switching") es una solución que integra el control del enrutamiento IP (capa 3) con la simplicidad de la conmutación de la capa 2.

De forma más concreta, MPLS es una tecnología de conmutación de etiquetas, con la capacidad de Ingeniería de Tráfico de ATM y con la flexibilidad y escalabilidad de IP. MPLS tiene la habilidad de establecer caminos orientados a la conexión sobre redes IP no orientadas a la conexión, y facilita un mecanismo para administrar ingeniería de tráfico independientemente de las tablas de enrutamiento. La tecnología MPLS ofrece muchos servicios como las VPNs de Capa 3, Ingeniería de Tráfico, protección de tráfico y VPNs de Capa 2, estas últimas son la apuesta que hizo Alcatel para la creación de servicios de cliente, aunque sus equipos soportan también las de nivel 3.

Se define como Multiprotocolo debido a que es capaz de trabajar con IP, ATM, Frame Relay (entre otros).

Por características como estas, MPLS permite, a los proveedores de servicio, construir redes altamente fiables, además de ofrecer a los clientes IP servicios diferenciados en función de la calidad de servicio (Qos).

Los caminos que MPLS forma son conocidos como LSPs ("*Label Switched Path*") que tienen un mecanismo de administrar el tráfico de la red independientemente de las tablas de enrutamiento.

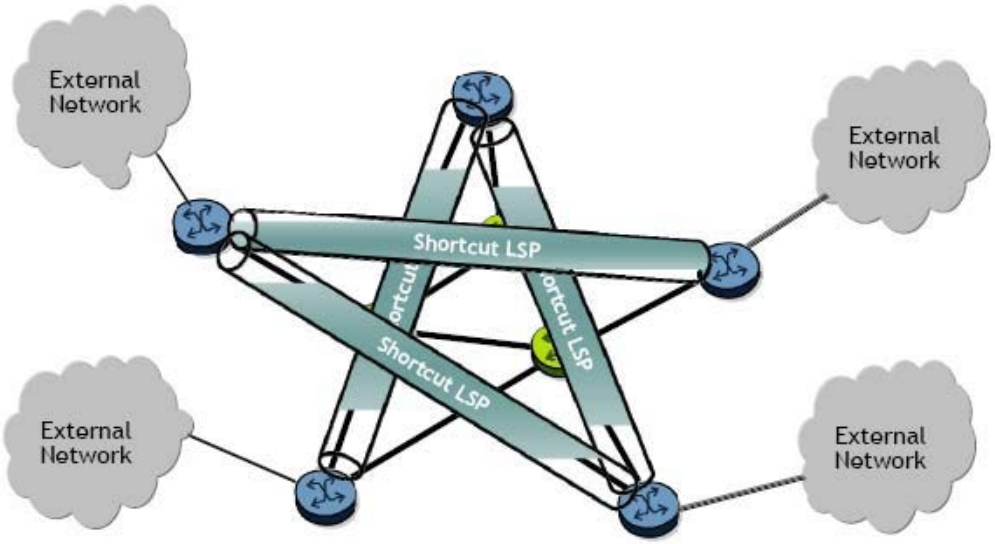
5.4.2 Aplicaciones:

Las aplicaciones más relevantes de la tecnología MPLS son descritas brevemente a continuación para, en el desarrollo de este capítulo, irlas ahondando con más claridad.

a) Shortcuts LSP:

Con esta aplicación un proveedor de servicios puede reducir el requerimiento de sesiones de intercambio para iBGP en malla completa; los LSPs y las sesiones de intercambio en malla se dan entre los Routers de frontera (EBGP "Edge BGP Routers"), es decir aquellos que se comunican con otro sistema autónomo.

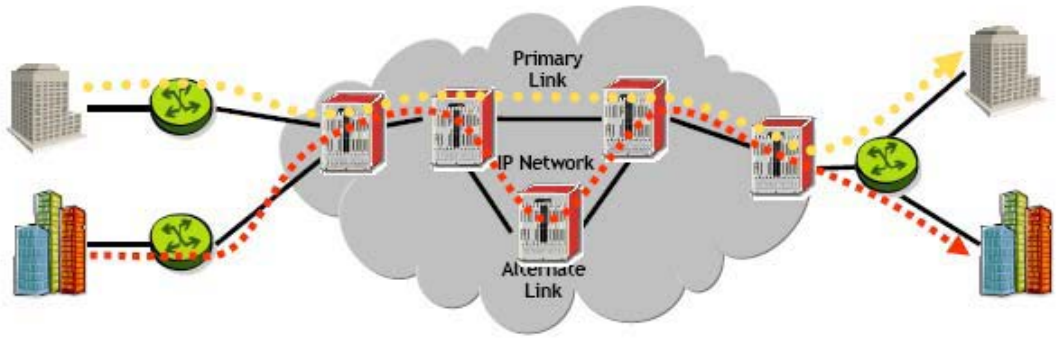
Una representación de los LSP se muestra en el dibujo. Los EBGP a continuación, definen como el siguiente salto en el extremo del LSP y envían el flujo de datos a través de un túnel. Es por esto que los nodos core no realizan ningún intercambio de información IP, y tampoco participan en el intercambio de iBGP.



b) Ingeniería de Tráfico

Los protocolos de enrutamiento IP son incapaces de seleccionar la mejor ruta basándose en la utilización de la red. La selección se realiza con el menor coste, lo que por lo general conlleva a la hiperagregación en ciertos links. Como el envío de paquetes en una red MPLS se hace de extremo a extremo, caminos alternativos pueden ser creados.

Además, caminos enrutados previamente pueden ser usados para cumplir con condiciones tales como calidad de servicio.



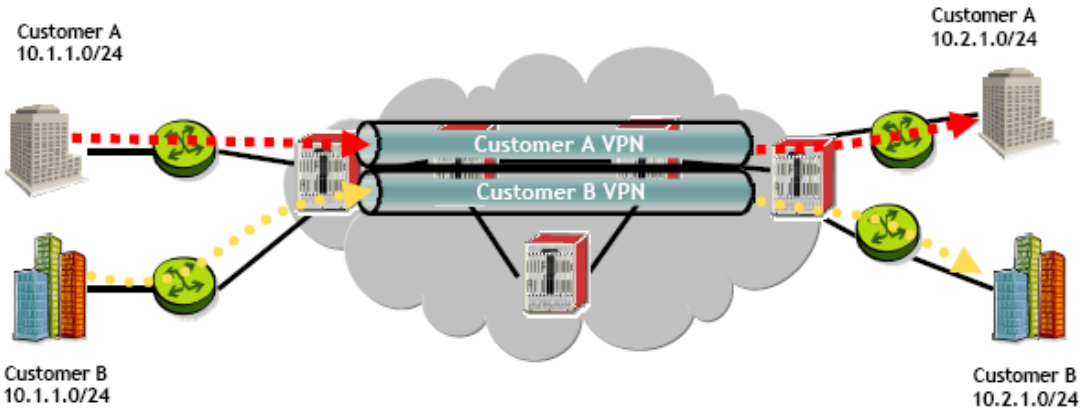
c) Alta disponibilidad y redundancia

Es posible establecer caminos alternativos para proveer servicios con alta disponibilidad, además de poder habilitar “fast reroute” para que la red se adapte rápidamente a cualquier cambio.

d) Servicios VPNs

Como todos los datos de una red MPLS son transportados en túneles LSPs, MPLS provee una base ideal para la construcción de VPNs (“Virtual Private Networks”). El tráfico del cliente es identificado cuando entra en la red del proveedor de servicio y se asigna a un LSP apropiado a través de la red. En el lado de frontera los datos son entregados al cliente correspondiente.

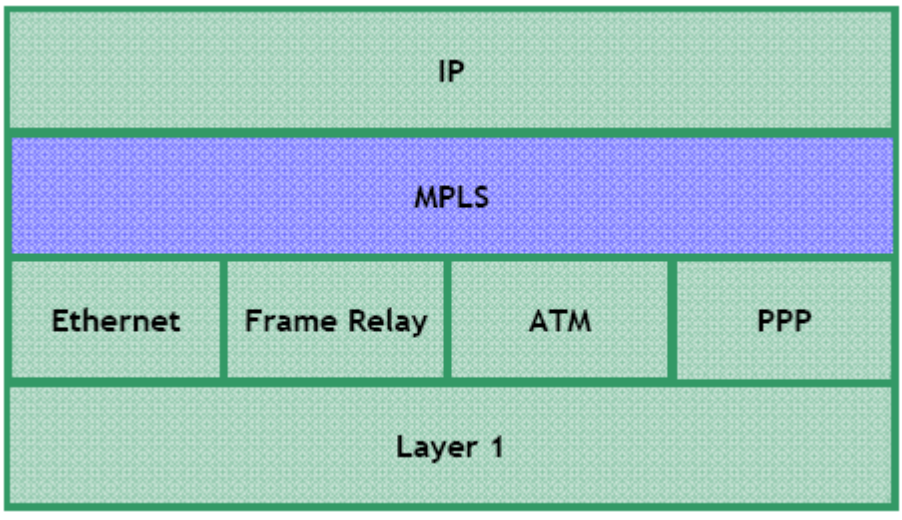
En el dibujo se puede ver un ejemplo:



Esto permite a los proveedores de servicio usar la misma infraestructura para múltiples clientes pero manteniendo una completa separación entre ellos. Como los datos del cliente son encapsulados dentro de un paquete MPLS con etiqueta, el tipo de paquete y su dirección IP es irrelevante. Por lo tanto, MPLS puede ser usado tanto en VPNs de capa 3 como enlaces virtuales de capa 2 privados.

5.4.3 MPLS en el modelo OSI:

MPLS logra integrarse perfectamente al modelo OSI trabajando, en la mitad de la capa dos y tres, es decir se coloca entre la capa de enlace y de red tal como se muestra en la figura:



Además MPLS es compatible con los siguientes protocolos de enlace, con los siguientes códigos hexadecimales identificadores:

- Ethernet.- 0x8847.
- *Cisco High-level Data Link Control* (HDLC).- 0x88847.

- *Generic Router Encapsulation (GRE) tunnel.*- 0x8847.
- *Point-to-Point Protocol (PPP).*- ID del protocolo 0x0281, *Network Control Protocol (NCP).*- ID del protocolo 0x8281.
- *Asynchronous Transfer Mode (ATM).*- Soporta tanto de punto a punto como el NBMA (Modo de Acceso de no Difusión). x8847.
- *Frame Relay.*- 0x8847.

5.4.4 Etiquetas de MPLS:

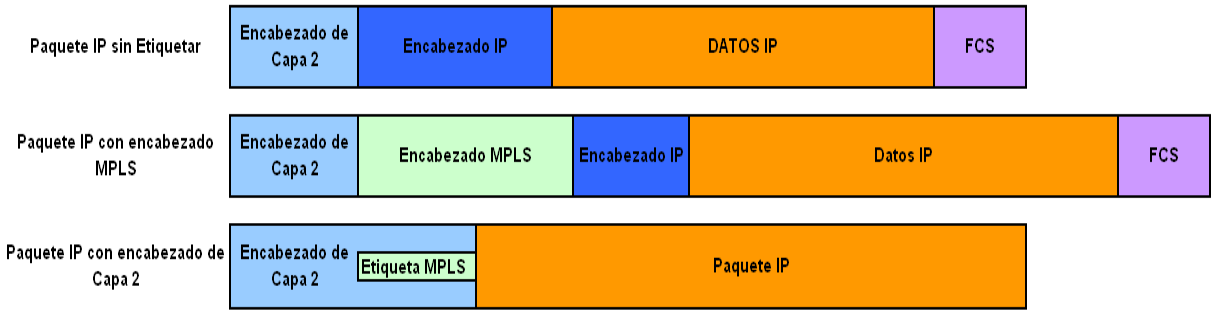
Una vez que hemos visto cómo se integra MPLS a las redes convencionales, veremos su operación a nivel de etiquetas.

Una etiqueta es un identificador pequeño, de tamaño fijo y localmente significativo que es aplicado a cada paquete de transmisión. Es usado para identificar el FEC ("Forwarding Equivalente Class") al cual cada paquete es asignado. Típicamente la FEC a la cual es asignada cada paquete, se basa en la dirección IP de destino. Una mayor clasificación de los paquetes de origen se puede realizar basada en otros parámetros diferentes a la dirección IP de destino, como la dirección IP de origen, el puerto o la interfaz, QoS, políticas administrativas y otras.

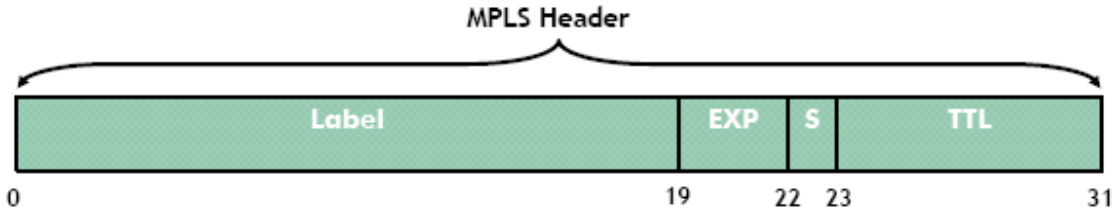
Entonces, se puede definir a un paquete etiquetado como un paquete en el cual una etiqueta MPLS ha sido insertada; para esto se usan dos técnicas:

- **Frame Mode**.- La cabecera de MPLS es añadida a la trama conteniendo la etiqueta MPLS y otra información. Los valores de MPLS son transportados en un encabezado MPLS específico.
- **Cell Mode**.- En el caso de ATM o Frame Relay, la construcción de la etiqueta se basa en la asignación del ID de circuito en la cabecera de la capa de enlace de datos existente. (Este modo no es compatible en los equipos Alcatel Lucent 7750). Las etiquetas MPLS son transportadas en el encabezado de la capa 2.

El encabezado MPLS, se ubica en la trama entre los encabezados de capa 2 (por ejemplo Ethernet) y capa 3 (por ejemplo IP).



La estructura del encabezado MPLS, el cual existe específicamente en una red MPLS, es mostrado a continuación. Cada encabezado MPLS tiene una longitud fija de 4 bytes (32 bits) y contiene los siguientes campos:



- **Label**.- Es el valor de la etiqueta, utiliza 20 bits.
- **EXP**.- Para uso experimental, utiliza 3 bits. Normalmente se usa para la QoS, es decir lleva los bits de asignación desde la capa 3 (ToS "Type of Service") o desde la capa 2 (CoS "Class of Service").
- **S**.- Fondo de la pila, 1 bit. (0L: le siguen etiquetas adicionales, 1L: última entrada de de etiqueta en la pila).
- **TTL**.- Tiempo de vida, 8 bits, usado para la prevención de loops, es muy similar al TTL tradicional usado en IP.

Como la etiqueta posee un tamaño fijo, las operaciones con los paquetes son mucho más simples y veloces que con el envío convencional IP. La técnica de codificación implementada por el encabezado de MPLS algunas veces es referida al frame mode de MPLS.

5.4.5 Señalización de etiquetas. ¿Qué es un LSP?

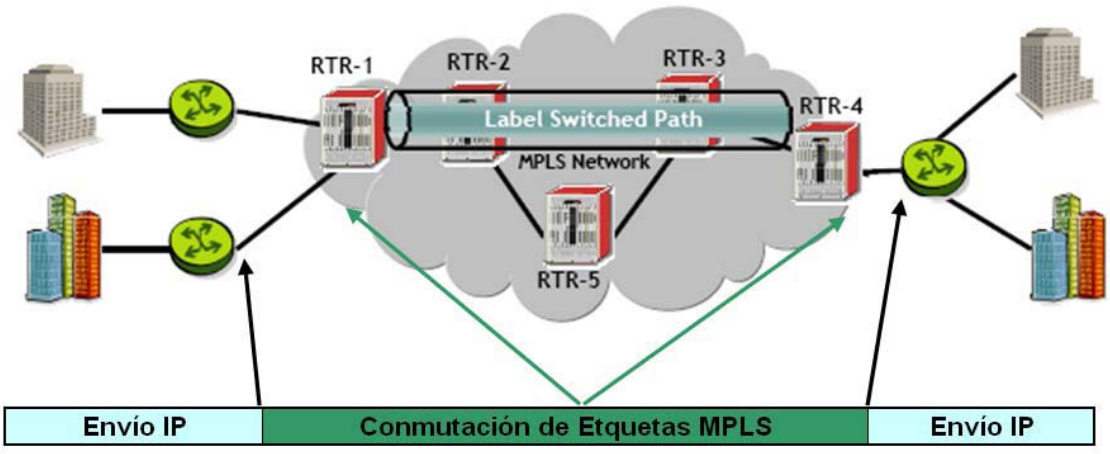
Un LSP define un camino a través de la red que todos los paquetes asignados a un FEC específico lo siguen.

En el camino end-to-end entre dos sistemas, parte de la red puede pertenecer a una red IP tradicional y otra parte a un domino MPLS. Lógicamente, donde no se encuentre soportado MPLS, los métodos de envío IP serán utilizados.

Para poder crear un LSP, es necesario distribuir las etiquetas para el camino. Las etiquetas siempre son distribuidas por un router downstream en dirección upstream (esto se hace en base a la dirección del flujo de datos).

Para la distribución de etiquetas hay un sinnúmero de protocolos:

- LDP.
- RSVP-TE.
- Targeted LDP.
- Multiprotocol BGP.



5.4.6 Señalización y Distribución de Etiquetas

La arquitectura MPLS no asume un solo protocolo de Distribución de Etiquetas. Existen varios protocolos que están siendo, o han sido

estandarizados. Ciertos protocolos han sido extendidos tanto que los procedimientos de distribución pueden ser llevados en ellos (RSVP-TE).

También, nuevos protocolos han sido creados explícitamente para la distribución de etiquetas (LDP). Muy similar al enrutamiento estático, son posibles procedimientos manuales para la asignación y distribución de etiquetas.

5.4.7 LSPs estáticos

Todo LSP estático se especifica administrativamente mediante la definición de una ruta estática. Los nodos de origen, tránsito y destino deben ser configurados manualmente con las etiquetas para cada LSP (por FEC). Recordando que cada LSP es unidireccional, se requiere la creación de dos LSPs para que la comunicación bidireccional sea operativa.

La ventaja de un LSP estático sobre un dinámico, es que los protocolos dinámicos de señalización de etiquetas no son requeridos. El único problema es que, si la topología de la red o las preferencias administrativas cambian, el mantenimiento del LSP estático se convierte en una tarea administrativa.

5.4.8 LSPs señalizados

Los LSPs señalizados son establecidos dinámicamente usando protocolos de señalización como LDP o RSVP-TE. Los operadores están obligados a configurar los enrutadores con MPLS, ya sea con LDP o RSVP-TE para señalar de forma dinámica la ruta y la distribución de los enlaces de etiquetas para la asignación de las mismas, en los LSRs.

Existen múltiples opciones para la configuración de LSPs señalizados. De todas formas, el prerrequisito básico para que la señalización ocurra, es el establecimiento de la topología IGP de enrutamiento a través del dominio del proveedor de servicio.

5.4.9 Beneficios de la tecnología MPLS

Haciendo una pequeña comparativa entre MPLS y el resto de tecnologías coexistentes, las ventajas que ofrece ésta serían:

- Reduce el coste usando IPs existentes y tecnologías Ethernet.
    - La facilidad del uso de Ethernet y la familiaridad con IP es de hecho, una gran ventaja.
- Ofrece mejores capacidades de enrutamiento soportando algo más que sólo el envío de paquetes basado sólo en el destino.
    - El flujo de los paquetes puede ser definido basado en otros criterios como el ancho de banda y la clase de servicio.
- Es una tecnología basada en estándares, lo que promueve la interoperabilidad de proveedores.
    - MPLS es un estándar IETF (en español, Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet) que varios proveedores soportan.
- La flexibilidad para evolucionar la funcionalidad de control sin cambiar el mecanismo de transmisión.
    - El proceso de intercambio de etiquetas MPLS es el mismo, sin tomar en cuenta cómo las etiquetas son asignadas y distribuidas.

Algunas de las principales aplicaciones MPLS son la Ingeniería de Tráfico (TE), VPNs de capa 2 (VPLS), VPNs de capa 3 (VPRN) y Calidad de Servicio (QoS), estos servicios se ahondarán en capítulos posteriores. Estos servicios pueden ser ofrecidos sobre, prácticamente, cualquier tecnología de la capa de enlace de datos y soporta el flujo IP unicast y multicast.

MPLS minimiza la búsqueda IP, envío, y proceso de clasificación sobre redes tradicionales IP, ya que estos procesos son realizados sólo en el ingreso y destino de la red MPLS.

La evolución de MPLS ha generado en GMPLS (MPLS Generalizado). GMPLS soporta múltiples tipos de conmutación incluyendo a TDM, lambdas, y conmutación en fibra óptica. En resumen, GMPLS extiende la funcionalidad de MPLS aprovisionando y estableciendo caminos para:

- Caminos por Multiplexación por División de Tiempo (TDM), donde los slots de tiempo son las etiquetas (SONET).

- Caminos por Multiplexación por División de Frecuencia (FDM) o Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM), donde la frecuencia electromagnética es la etiqueta (Ondas de luz).
- Caminos por División de Espacio Multiplexado, donde la etiqueta indica la posición física del dato (Cross-conexión fotónicas).

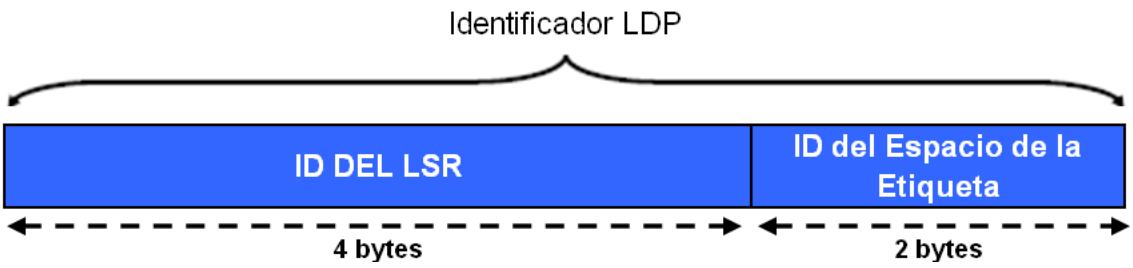
Se espera que GMPLS ayude dinámicamente a los Proveedores de Servicio en la asignación de ancho de banda, mejoramiento de la red en capacidades de reestablecimiento, y reducción de gastos operativos.

5.5 LDP:

LDP es un protocolo que significa Label Distribution Protocol, es decir, protocolo de distribución de etiquetas.

Se trata de un campo de 6 bytes usado para reconocer el espacio de la etiqueta de un LSR.

Los primeros cuatro octetos identifican el LSR y deben ser un valor globalmente único (Típicamente la dirección IP). Los dos últimos octetos identifican un espacio de etiquetas específico dentro del LSR.



Periódicamente los LSRs anuncian su presencia en una red mediante el envío de mensajes *Hello* a través de las interfaces en las cuales esté habilitado LDP.

Antes del envío de un mensaje *Hello*, cada LSR debe seleccionar una Dirección de Transporte que usará para el extremo local de la sesión. Cuando un LSR envía un mensaje *Hello*, usa dicho mensaje como mecanismo para anunciar la dirección de transporte.

Hay que tener en cuenta que la Dirección de Transporte que se adopte puede ser diferente de la dirección utilizada como la fuente de los mensajes *Hello*. La dirección de transporte seleccionada por un LSR puede ser anunciada en dos formas diferentes:

- Explícitamente, incluyendo la dirección de transporte en una dirección de transporte opcional TLV.
- Implícitamente, omitiendo el TLV y utilizando la dirección de origen del *Hello* como la dirección de transporte.

Por defecto en los equipos ALU 7750 se usa la forma explícita, y especifica la dirección de sistema del router.

La sesión se establece en 2 pasos:

a) **Establecimiento de la conexión de Transporte:**

El equipo con la dirección de transporte más alta será el dispositivo activo en el intercambio, por lo tanto, el otro equipo asume un rol pasivo. El equipo activo intentará establecer una sesión TCP con el dispositivo pasivo, iniciando una conexión TCP usando el puerto 646, que define a LDP. El dispositivo pasivo espera por la conexión LDP TCP que es bien conocida por el puerto LDP.

b) **Inicialización de la Sesión**

Después del establecimiento de la conexión de transporte, los equipos negocian parámetros de sesión mediante el intercambio de mensajes de inicialización LDP. En los parámetros negociados se incluye la versión del protocolo LDP, parámetros de autenticación, valores de los timers, entre otros.

Si todos los parámetros son compatibles, el resultado es una sesión LDP exitosa.

6. ALCATEL 7750 SR-12 Y SRc-12

Una vez presentados los protocolos que van a entrar en juego para la red que voy a crear con estos equipos voy a hacer una presentación de las características hardware de los dos en particular que quiero utilizar para ello.

A modo de resumen, el SR-12 podría decirse que es el hermano mayor del SRc-12 o también llamado SR-12 compacto.

Anteriormente a este modelo compacto existía el 7750 SR-1, pero Alcatel lo ha descatalogado hace unos meses y ha cancelado el mantenimiento que daba en todos los clientes que tenía para que migren dichos equipos al compacto.

El motivo, aparte de ser una decisión empresarial era porque el SR-1 presentaba ciertas deficiencias que no eran asumibles en los contratos de mantenimiento.

El factor principal, era que la controladora no era extraíble, es decir, formaba parte del chasis del equipo, y, además, era única, no estaba redundada.

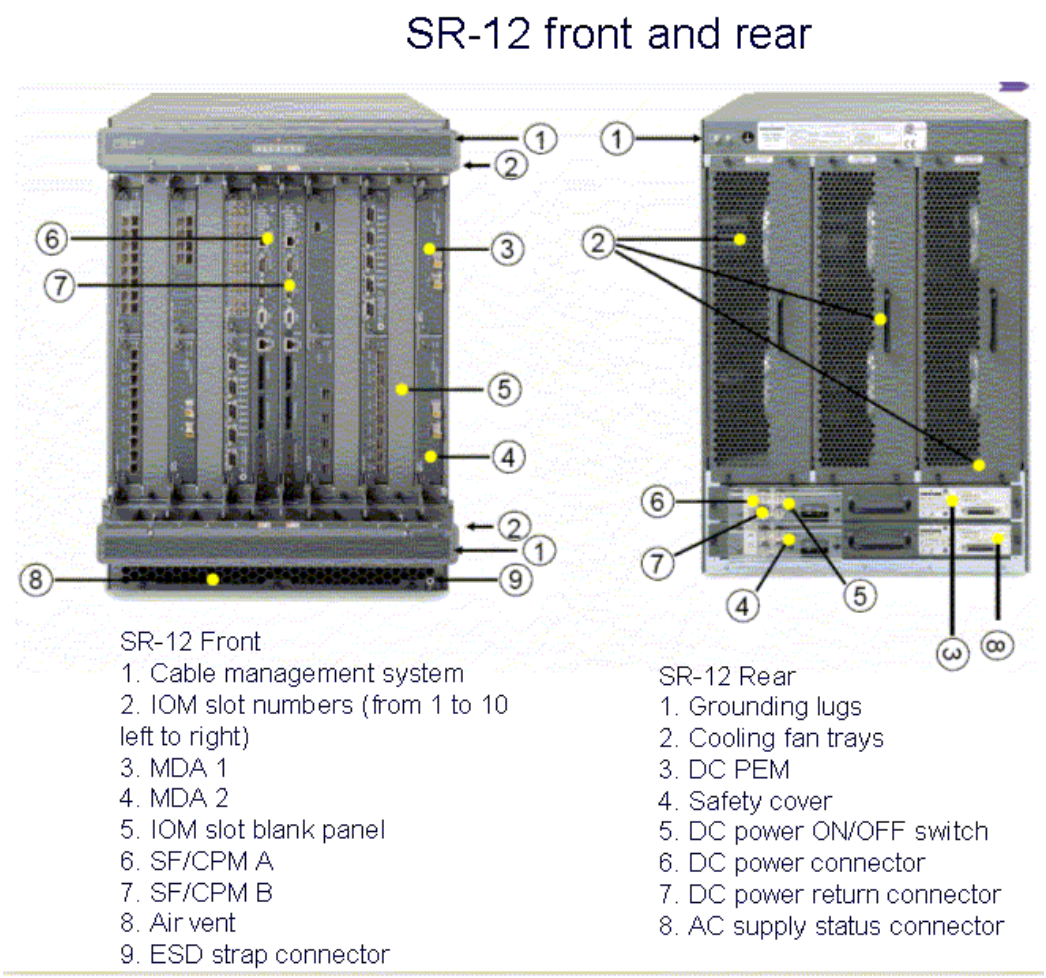
Esto se traducía en que si había cualquier problema físico con los puertos de gestión, consola, o daba problemas la controladora era necesario cambiar el equipo entero. Esto suponía un gran coste y al cliente le suponía un gran problema.

Por ello surgió el SRc12 compacto, que sí redunda las controladoras y, aparte, todo es extraíble, con lo que solo hay que cambiar tarjetas en el caso de una avería.

Dicho esto, voy a presentar ciertas características técnicas de estos equipos para posteriormente ver de lo que son capaces de hacer.

6.1 Alcatel 7750 SR-12

Para hacernos una idea de cómo es el equipo, en la imagen se puede observar tanto una vista frontal como una vista desde atrás:



6.1.1 Características del equipo:

ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO

Parámetro	Descripción
Dimensiones: - Sin la unidad de administración de cable. - Con la unidad de administración de cable	24.5" H x 17.5" W x 25.4" D 24.5" H x 17.5" W x 30.1" D
Peso del Chassis (vacío)	73 lbs. (33.1122 kg)
Peso del Chassis (armado)	300 lbs. (136 kg) (approx.)
Montaje	Montaje en un rack de 19 pulgadas.
Ancho de banda	400 Gb/s (full duplex)

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

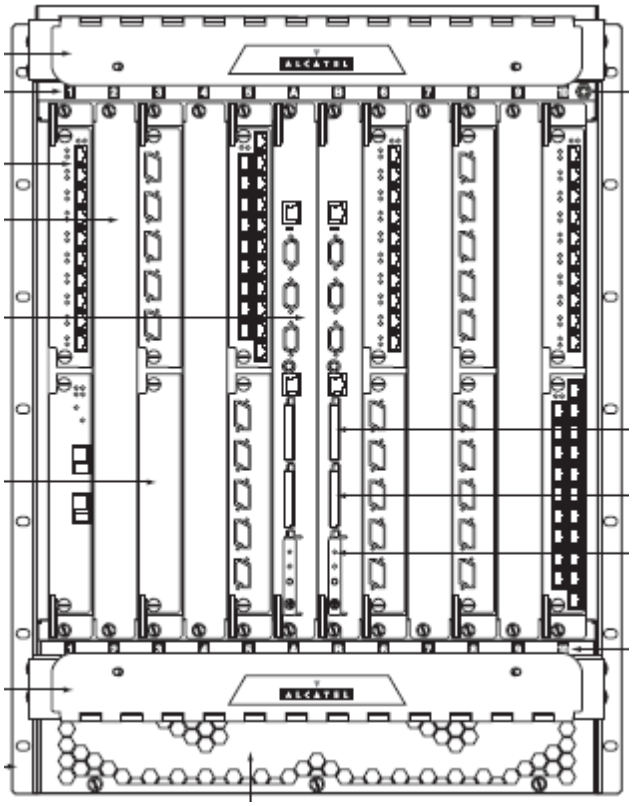
Parámetro	Descripción
Temperatura	23 to 122º F (-5 to 50º C)
Altitud máxima	13,000 ft./3962.4 m
Humedad relativa	0 to 90% (non-condensing)
Disipación de calor (configuración en elpeor de los casos)	3700 watts (joules/sec)10,237 BTU/hour
Nivel de ruido acústico	NEBS: 65.33 dBA ETSI:71.79 dBA

ESPECIFICACIONES DEL MODULO DE ENERGIA

Parámetro	Descripción
DC PEM	
Max. cantidad por equipo	2
Dimensiones PEM	2" H x 16.7" W x 7.75" D
Peso	10 lbs.

CARACTERISISTICAS ELECTRICAS

Tipo de fuente deenergía	Características eléctricas	Valor
Using 2 Tyco NP2500 AC power rectifiers		
DC	Output	42-58V
Usando DC centralizado		
DC	Input	-48V/-60VDC 75/60A



Por tanto, en resumen, las características y funciones fundamentales que lo diferencian de un típico enrutador de borde de esta era, son sus características de sistema (fundamentalmente, retardo/jitter) y sus capacidades de servicio que se han integrado perfectamente en la arquitectura del producto, desde un inicio.

Otra importante característica que lo distingue de otros routers es su capacidad integrada para el procesamiento de paquetes, esa flexibilidad que asegura que nuevas prestaciones se puedan agregar suavemente,

con el compromiso de que esto no comprometerá el rendimiento de hasta 40 Gbps por slot. ASIC ("Application specific integrated circuit"), por otro lado, requiere una nueva inversión, al implementar una nueva prestación. Para el proveedor de servicios esto se traduce en altos gastos de capital acumulado (CAPEX). Interrupción del servicio e incluso un desmejoramiento en cada slot ya que cada nueva función requiere una nueva tarjeta o modulo especializado. Este enfoque alarga el tiempo de lanzamiento al mercado de nuevos servicios introduciendo una pérdida significativa para los proveedores de servicio.

El equipo SR-12 soporta tanto redundancia de energía como de controladoras, incrementando de esta forma su fiabilidad, posee además dos bandejas de ventiladores que aseguran su temperatura en los márgenes permitidos. La energía proviene de dos Módulos de Entrada de Energía (PEM, por sus siglas en inglés) a -48 VDC. Todas las conexiones de energía son realizadas en la parte posterior del equipo.

Sus dimensiones son de 62,23 cm de alto x 44,45 cm de ancho x 76,45 cm de profundidad, y debe ser instalado en Racks de 19 pulgadas.

6.2 Alcatel 7750 SRc-12

El tamaño compacto de SRc-12 se puede ver en la siguiente imagen, igualmente en vista frontal y trasera:

Vista frontal:

Vista trasera:

6.2.1 Características del equipo:

El Router de Servicio SRc-12 de Alcatel-Lucent es un equipo multiservicio diseñado desde un inicio para entregar alto rendimiento, ruteo de alta disponibilidad con administración, gestión y aprovisionamiento de servicios diferenciados. Con una capacidad de hasta 90 Gbps puede ser utilizado como base en una gran cantidad de implementaciones en redes donde las necesidades se ven aumentadas día tras día. Se pueden aprovechar capacidades avanzadas de QoS, junto con la diferenciación de aplicaciones y clientes, para que los servicios puedan ser personalizados para complacer las preferencias del cliente.

Fueron diseñados además, con características de sistema, enrutamiento y capacidades de servicio que han hecho de ellos la plataforma de elección en más de 50 despliegues de infraestructuras de nueva generación de servicios.

El chasis del 7750 SRc-12, como podemos apreciar en la figura, es un sistema totalmente redundante y tiene un total de doce ranuras de acceso.

Puede alojar hasta 6 MDAs u 8 CMAs. Posee además, una ranura en la parte frontal orientado a un host que pueda ingresar al equipo desde el Módulo de Control CCM, es decir, utilizado para conexiones de consola. En la parte posterior puede albergar hasta dos Módulos de Control y Envío (CFM, por sus siglas en inglés) ofreciendo redundancia en el control, así como en el desvío de paquetes. Sólo una CFM es necesaria

para la plena operación del equipo a 45 Gbps en full dúplex. Cuando dos CFMs son instalados el tráfico es compartido por ambas.

6.3 Comparativas entre los equipos ALU 7750:

Las diferencias entre el equipo compacto y el grande no son tan grandes como las que existían anteriormente entre el SR-1 y el SR-12, por lo que, para verlo más claramente, voy a exponer una tabla comparativa en la que veamos las diferencias más sustanciales entre los equipos que vamos a manejar:

ESPECIFICACIONES	7750 SR-c 12	7750 SR - 12
Rendimiento del Sistema	Hasta 90 Gbps (half duplex)	Hasta 2 Tbps (half duplex) Capacidad por slot: hasta 100 Gbps (full duplex)
Redundancia en equipamiento	CFM - XP, PEMs, ventiladores	SF/CPM, PEMs, ventiladores
Módulos extraíbles en caliente	CFM-XP, PEMs, MDAs, CMAs	SF/CPM, PEMs, ventiladores, IOMs,
Dimensiones	Alto: 22.2 cm Ancho: 44.4 cm Profundidad: 60.0 cm	Alto: 62.2 cm Ancho: 44.4 cm Profundidad: 76.5 cm
Peso	Vacío: 16.4 kg Cargado: 45.4 kg	Vacío: 33.1 kg Cargado: 136 kg
Fuentes de alimentación	- 40 V DC a - 72 V DC nominal 220 V AC a 240 V AC	- 40 V DC a - 72 V DC nominal varias opciones AC disponibles
Enfriamiento	Aire forzado horizontalmente	Flujo del aire de adelante hacia atrás

Como curiosidad voy a poner una tabla comparativa en la que se pueden ver todos los equipos ALU de la familia 7750, para poder darnos cuenta de las diferencias que tienen unos de otros.

Esto siempre es importante de cara al diseño de una red para poder planificar el diseño más barato y efectivo que se adapte a nuestras necesidades.

Sabiendo que nuestras redes van a ser siempre jerárquicas debido a que estos equipos se encuentran diseñados para hacer redes por áreas, habrá que decidir en nuestros diseños qué áreas creemos que van a crecer más rápidamente de cara a un futuro y cuáles se encontraran más congeladas.

También será importante elegir un CORE de las regiones. Estos factores, nos ayudarán a decidir qué equipos se adaptan mejor a cada uno de los nodos que se vayan a abrir para dar servicios a los clientes.

	7750 SR-1	7750 SR-c12	7750 SR-7	7750 SR-12
System throughput	Switch fabric: Up to 40 Gb/s (half duplex)	Switch fabric: Up to 90 Gb/s (half duplex)	Switch fabric: Up to 1 Tb/s (half duplex) Slot capacity: Up to 100 Gb/s (full duplex)	Switch fabric: Up to 2 Tb/s (half duplex) Slot capacity: Up to 100 Gb/s (full duplex)
Built-in network interfaces	• 10/100BASE Management Ethernet RJ-45	• 10/100BASE Management Ethernet RJ-45	-	-
Number of MDAs per chassis	2	6	10	20
Number of CMAs per chassis	-	8 (plus 2 MDAs)	-	-
Number of IOM/IMM/ ISM per chassis	-	-	5	10
Common equipment redundancy	Power, fans	CFM-XP, power (PEMs), fans	SF/CPM, power (PEMs), fans	SF/CPM, power (PEMs), fans
Hot-swappable modules	MDAs	CFM-XP, MDAs, CMAs, PEMs, fans	SF/CPM, IOMs, IMMs, ISMs, MDAs, ISAs, PEMs, fans	SF/CPM, IOMs, IMMs, ISMs, MDAs, ISAs, PEMs, fans
Dimensions	• Height: 6.6 cm (2.6 in.) • Width: 44.4 cm (17.5 in.) • Depth: 56.4 cm (22.2 in.)	• Height: 22.2 cm (8.7 in.) • Width: 44.4 cm (17.5 in.) • Depth: with cable management: 60.0 cm (23.6 in.)	• Height: 35.5 cm (14 in.) • Width: 44.4 cm (17.5 in.) • Depth: 59.7 cm (25.5 in.)	• Height: 62.2 cm (24.5 in.) • Width: 44.4 cm (17.5 in.) • Depth: without cable: 64.5 cm (25.4 in.); with cable: 76.5 cm (30.1 in.)

6.4 Ventajas de los equipo ALU:

Existen propiedades de los equipos Alcatel-Lucent que los hacen más cotizados en el mercado, su robustez, capacidad para brindar QoS, el

mismo hecho de ser un equipo de nueva generación da a conocer el por qué varios proveedores de servicio optan por este equipo para brindar, de mejor forma, servicios diferenciados de voz, video y datos.

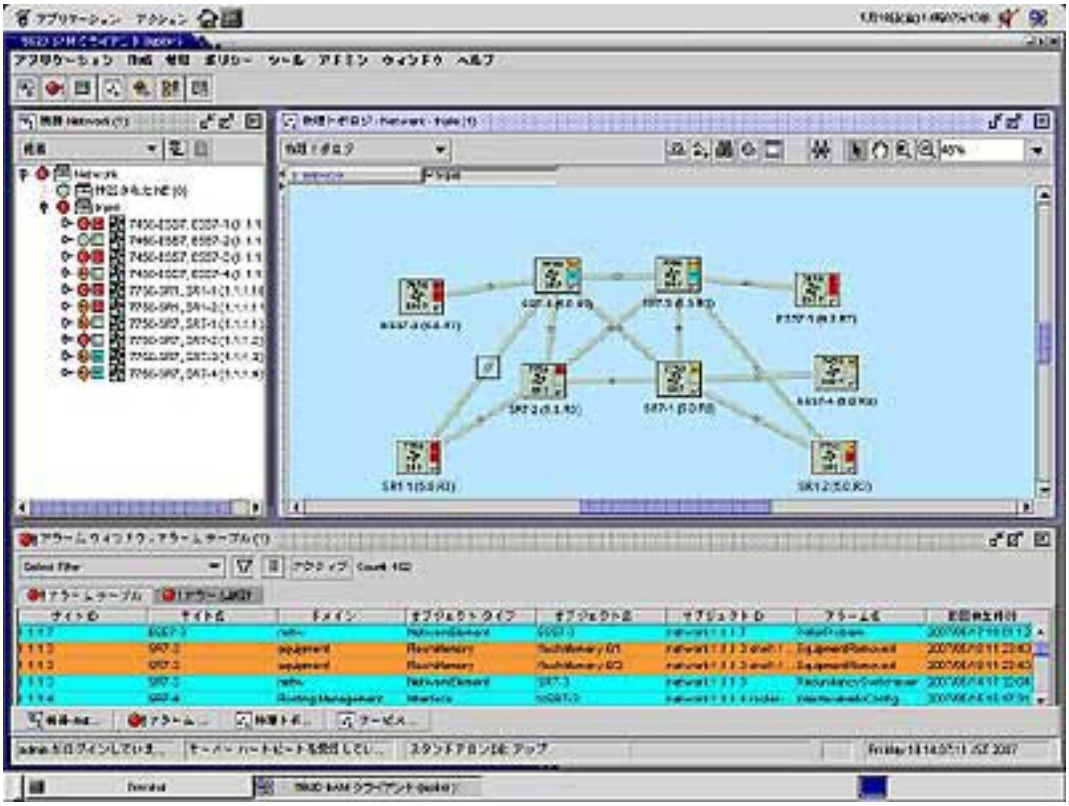
- Sistema Operativo probado de extremo a extremo, con un único sistema operativo en todas las plataformas, los operadores pueden estar seguros de operaciones y gestión consistentes y fiables.
- QoS avanzada, marca la pauta con su avanzada y altamente flexible implementación de QoS jerárquica.
- Especialización en Enrutamiento de Servicios; los operadores pueden añadir nuevos servicios con alto nivel de procesamiento a la red, simplemente añadiendo un ISA al nodo.
- Servicio de Gestión; Gestionados por el ALU 5620 SAM *("Service Aware Management")* la red está asegurada, simplificada e integrada a través de los dominios de red y gestión de servicios.
- Respetuoso con el medio ambiente; pioneros en avances en *power efficiency* se incorporan a cada miembro 7750 SRc. En combinación con los procesos de fabricación ecológicamente sensibles, cuidadosa selección de materiales, el portafolio SR 7750 ayuda a los proveedores de servicios en la reducción de su impacto al medio ambiente.

6.5 Gestor de mantenimiento: 5620 SAM

El Alcatel-Lucent SAM (Service Aware Manager) es una aplicación Java que principalmente gestiona los routers y switches de rango 7x50 (7750 y 7450) de servicio principal en una red de ordenadores que ejecuta el sistema operativo TiMOS. Tiene características tales como Config Push (recopila el fichero de configuración y lo guarda en su memoria), control de revisiones, política de actualizaciones síncronas y servicios de monitorización de alarma y alerta en tiempo real. Está íntimamente ligado con el rango de productos Alcatel-Lucent 7x50.

Se trata de una plataforma de aplicaciones de gestión que simplifica el proceso de aprovisionamiento, monitorización y resolución de problemas en los servicios que presta el Router SR. Junto al Administrador de Redes 5620 (NM) de Alcatel-Lucent, SAM y 7705 SR - 12, este equipo se convierte en el más completo en la industria de redes IP y en una verdadera solución para la gestión de servicios.

Para hacernos una idea de cómo es, en la imagen se puede ver la pantalla principal del gestor:



Se puede observar que está compuesto por varios módulos, todos ellos muy útiles tanto para implementar nuevos servicios de cliente, hacer configuraciones o monitorizar la red ya existente.

La pantalla central nos muestra una vista de la topología de la red. En ella se pueden ver todos los equipos que se encuentran monitorizados así como los troncales que los unen unos con otros según la topología que hayan planificado. Además posee un desplegable en el que se pueden

mostrar, en lugar de los interfaces, los LSP o los SDP. Esta pantalla es muy útil a la hora de tener una visión rápida del estado de nuestra red. En ella, si hubiera algún problema con los interfaces en lugar de encontrarse en un color gris pasarían a estado rojo. Y si hay algún problema de alarmas en el equipo que tengan cierta criticidad, se representaría este problema con un equipo de color amarillo o rojo según la gravedad del problema.

En la pantalla superior izquierda se puede encontrar el listado de equipos. Cada equipo se puede desplegar para poder ver sus tarjetas, tanto controladoras como de acceso al medio. Y, a su vez, cada tarjeta se puede desplegar para ver todos sus puertos. Por tanto, esta vista es muy útil para ver el detalle de tarjetas y puertos. Permita configurarlas y activar y desactivar sus puertos de una forma fácil en intuitiva sin tener que utilizar el CLI (Interfaz de Línea de Comandos).

Y por último, la pantalla inferior. Esta pantalla es la herramienta más importante de la que disponen los equipos de mantenimiento de las redes de los proveedores de servicios. En ella aparecen todas y cada una de las alarmas generadas en la red y de forma muy detallada. Con ello pueden identificar problemas graves y solucionarlos en el menor tiempo posible.

A parte, en el banner de arriba se encuentran las opciones de configuración que dan un sinfín de posibilidades para hacer lo que se quiera en la red de forma rápida, sencilla y eficaz.

6.5.1 Protocolo SNMP

Para que todo el mecanismo de gestión del 5620 SAM funcione existe un intercambio de trazas entre los 7750 y la máquina de gestión. Este mecanismo se basa en un protocolo conocido como SNMP.

El Protocolo Simple de Administración de Red o SNMP (del inglés Simple Network Management Protocol) es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento.

Las versiones de SNMP más utilizadas son SNMP versión 1 (SNMPv1) y SNMP versión 2 (SNMPv2).

SNMP en su última versión (SNMPv3) posee cambios significativos con relación a sus predecesores, sobre todo en aspectos de seguridad, sin embargo no ha sido mayoritariamente aceptado en la industria.

Una red administrada a través de SNMP consiste de tres componentes claves:

- Dispositivos administrados.
- Agentes.
- Sistemas administradores de red (Network Management Systems, NMS's).

Un dispositivo administrado es un ordenador que se conecta a la red que contiene un agente SNMP y reside en una red administrada. Estos recogen y almacenan información de administración, la cual es puesta a disposición de los NMS's usando SNMP. Los dispositivos administrados, a veces llamados elementos de red, pueden ser routers, servidores de acceso, switches, bridges, hubs, computadores o impresoras.

Un agente es un módulo de software de administración de red que reside en un dispositivo administrado. Un agente posee un conocimiento local de información de administración (memoria libre, número de paquetes IP recibidos, rutas, etcétera), la cual es traducida a un formato compatible con SNMP y organizada en jerarquías.

Un sistema administrador de red (NMS) ejecuta aplicaciones que supervisan y controlan a los dispositivos administrados. Los NMS's proporcionan el volumen de recursos de procesamiento y memoria requeridos para la administración de la red. Uno o más NMS's deben existir en cualquier red administrada.

Los dispositivos administrados son supervisados y controlados usando cuatro comandos SNMP básicos: lectura, escritura, notificación y operaciones transversales.

El comando de lectura es usado por un NMS para supervisar elementos de red. El NMS examina diferentes variables que son mantenidas por los dispositivos administrados.

El comando de escritura es usado por un NMS para controlar elementos de red. El NMS cambia los valores de las variables almacenadas dentro de los dispositivos administrados.

El comando de notificación es usado por los dispositivos administrados para reportar eventos en forma asíncrona a un NMS. Cuando cierto tipo de evento ocurre, un dispositivo administrado envía una notificación al NMS.

Las operaciones transversales son usadas por el NMS para determinar qué variables soporta un dispositivo administrado y para recoger secuencialmente información en tablas de variables, como por ejemplo, una tabla de rutas.

6.6 Equipamientos del 7750:

En estos equipos, al ser totalmente extraíbles, se pueden distinguir dos tipos de tarjetas:

- **Tarjetas controladoras/procesadoras:**

  Estas tarjetas llevan todas las conexiones de gestión del equipo, es decir, las conexiones de consola para que un técnico pueda conectarse vía portátil o vía remota y de esa manera poder realizar las configuraciones iniciales necesarias para su puesta en marcha. Este tipo de conexión lleva un conector DB9 a una velocidad estándar de 115200 bps.

  Además se encuentran las conexiones de gestión del equipo. Estas conexiones sirven para dar gestión fuera de banda. A través de ellas suelen intercambiarse los traps SNMP con el gestor 5620 SAM.

  Además, se ubican los slots de las tarjetas compac flash donde se encuentra el sistema operativo, el archivo de arranque de inicio llamado boot.cfg, un archivo de las primeras configuraciones que lee al arrancar el equipo llamado bof.cfg y el archivo de configuración del equipo.

- **Tarjetas de acceso al medio:**

Estas tarjetas son aquellas destinadas a mover tráfico de cliente a lo largo da red. Para ello tienen que adaptarse a todas las posibilidades que ofrecen a día de hoy las tecnologías anteriormente citadas.

Aunque hay muchos más modelos, los más interesantes son:

- **Módulos de Entrada y Salida** (IOMs, "*Input Output Modules*"), IOMs son compatibles con el 7750 SR-12 y son optimizados para brindar flexibilidad en la entrega de servicios Ethernet. Cada IOM soporta hasta dos Adaptadores Dependientes de Comunicación (MDAs) y también se pueden usar para albergar Adaptadores de Servicio Integrados (ISAs). El IOM3-XP es la última generación de IOMs provistos por Alcatel-Lucent.
- **Adaptadores Dependientes de Comunicación** (MDAs, *"Media Dependent Adapters"*), son compatibles con las plataformas 7750 SR-12 y 7750 SRc-12, proveen la conectividad física. Las MDAs están disponibles en una variedad de configuraciones de interfaces. MDA-XPs son la última generación de MDAs Ethernet y son muy usadas para poder soportar la Sincronización Ethernet (SyncE), para la distribución de reloj a través de redes Ethernet. A parte, otro tipo de MDAs muy utilizadas son las tarjetas CES o ASAP, estas últimas más antiguas que sirven de medio de acceso a las plataformas que usan SONET o ATM como protocolo de envío de datos. Gracias a estas tarjetas nos podemos permitir el paso entre una red ATM y una Ethernet a través de los 7750.
- **Adaptadores Compactos de Comunicación** (CMAs, *"Compact Media Adapters"*), son tarjetas que ocupan el cuarto de una ranura; compatibles en los equipos 7750 SRc-12, soportan servicios de menor velocidad, poseen menor cantidad de puertos.

- **Módulos SFP,** que sirven como conector para las tarjetas tanto de fibra óptica como de RJ-45 y pueden hacer de conversores entre unas y otras.

6.7 Definición y clases de servicio

Se define un servicio en un 7750 como una nube que se crea dentro de la red y permite dar conectividad extremo a extremo entre dos o más equipos de esta.

Un servicio se crea cada vez que se quiere dar conectividad al cliente, ya que esto permite asociar unas calidades de servicio (QoS) a dicho cliente en la que se definen las velocidades, anchos de banda, conexiones simétricas o asimétricas. Además permite dar seguridad a la red ya que cada cliente tendrá asociado un servicio, de esta manera es como se crearán un número de subredes que atiendan a las necesidades de cada cliente y, estén protegidas unas de otras ya que nunca podrá verse la información entre nubes diferentes.

Los tipos de servicio que se pueden crear son punto a punto o multipunto, que se definirán más adelante.

Cada servicio es reconocido por un único identificador, llamado ID de servicio. Estos servicios, pueden proveer servicios de conmutación en capa 2, o de conectividad enrutada por IPs decapa 3. Hay que tener en cuenta que un servicio puede ser, tanto global como local. Un servicio local VPWS (*"Virtual Private Wire Service",* Servicios punto-punto) envuelven a varios SAPs (*"Service Access Points"*) en el mismo enrutador, por otro lado, un servicio de VPRN o VPLS local envuelven dos o más SAPs en el mismo enrutador. Un servicio distribuido se extiende a más allá de un solo enrutador, estos usan SDPs. A continuación se define lo que es un SAP y un SDP.

- **SAP (Punto de Acceso al Servicio).-** Son los puntos en los que una capa puede encontrar disponibles los servicios de la capa inmediatamente inferior. Cada SAP tiene una dirección que lo identifica y por la que se invoca el servicio. El funcionamiento que tienen los SAP en los 7750 se hace de la siguiente manera. Una vez creado un servicio asociándolo a un cliente y a un

identificativo único se configuran los parámetros que se quieren tener en dicho servicio. Cada router de cliente que se quiera conectar a la red y que quiera mover su tráfico a través de ese servicio habrá de conectarse físicamente a un puerto físico del 7750. En ese momento estará conectado ese cliente a la red, pero no podrá mover su tráfico a través de la subred específica. Para conseguirlo, dentro del servicio se asociará un SAP que hará referencia al puerto donde se encuentra conectado el router y se definirán las QoS que se quieren ofrecer al cliente. A partir de ese momento, dicho router se encontrará conectado a la subred en las que se encuentran todas sus sedes. El único problema es que no sabrá enrutar la información para que vaya a su destino, por ello, de ahí nace el concepto de SDP.

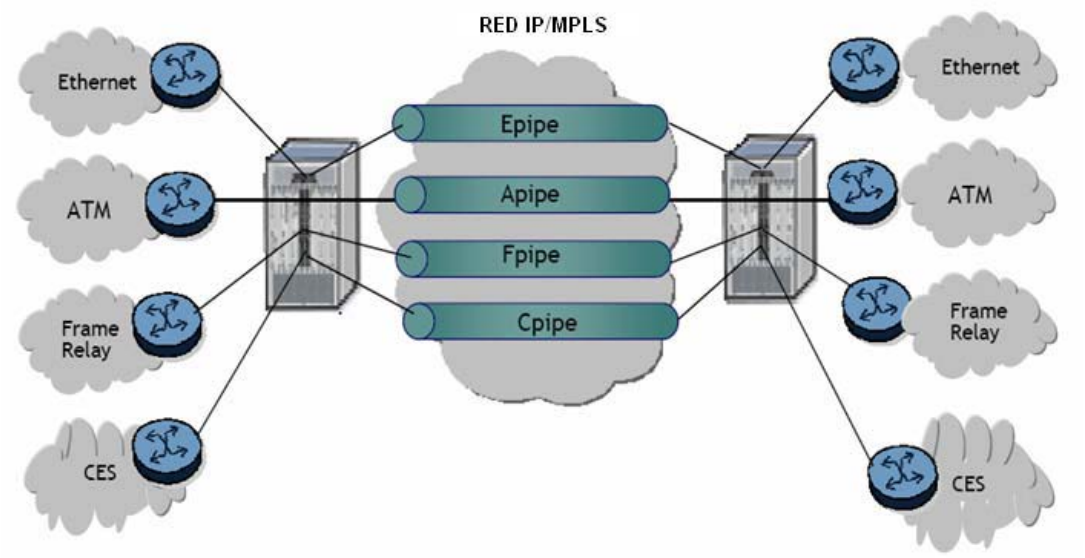
- **SDP (Punto de Distribución de Servicios).-** Los servicios distribuidos usan SDPs (*"Service Distribution Points"*) para direccionar el tráfico hacia otros enrutadores a través de túneles de servicio. Estos SDPs son creados en cada enrutador participante, especificando la dirección de origen y destino. De esta forma, en cada servicio se asociarán SDP para indicarle los caminos que es capaz de seguir para ir saltando hacia su destino final.

6.7.1 Servicios punto a punto

Conocidos como Servicios de Cables Virtuales Privados, VPWS por sus siglas en inglés, son servicios de Capa 2. Para el punto de vista del cliente, las conexiones son una especie de enlaces arrendados entre dos localizaciones.

Además de ser transparentes para los datos de los clientes y los protocolos, los proveedores de servicio pueden aplicar facturación al origen o destino de datos, así como políticas de calidad de servicio. Soportan tecnologías como Ethernet, ATM, Frame Relay o TDM.

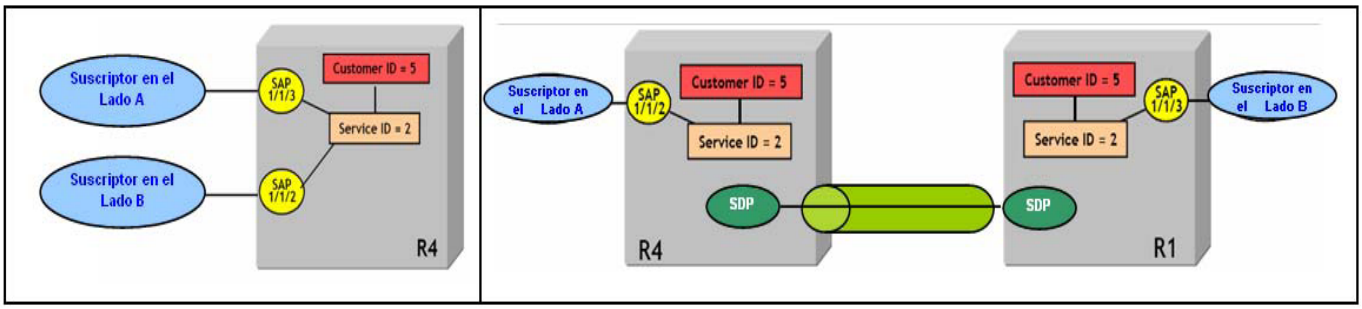
En el dibujo voy a mostrar los posibles túneles que nos pueden permitir este tipo de conexiones, aunque solo voy a explicar las dos mas utilizadas en los 7750.



- **E-pipe:**

Un E-pipe es un servicio perteneciente a VPWS, que, como su nombre indica, crea un path ethernet virtual, que puede ser local o global. Sobra decir que es un servicio punto a punto. Ahora bien, cuando hablamos de un epipe local, el servicio es creado entre dos SAPs en el mismo nodo (los SDPs no son usados en servicios epipe locales), mientras que cuando se trata de un epipe distribuido, se trata de dos SAPs en diferentes nodos que se unen entre sí gracias a la ayuda de los SDPs que conectan ambos equipos.

Se pueden ver los dos tipos de e-pipes en el dibujo.



El de la izquierda es local ya que no necesita un SDP al conectar dos equipos de cliente en el mismo equipo mientras que el segundo es distribuido, ya que hay que conectar dos equipos que se encuentran

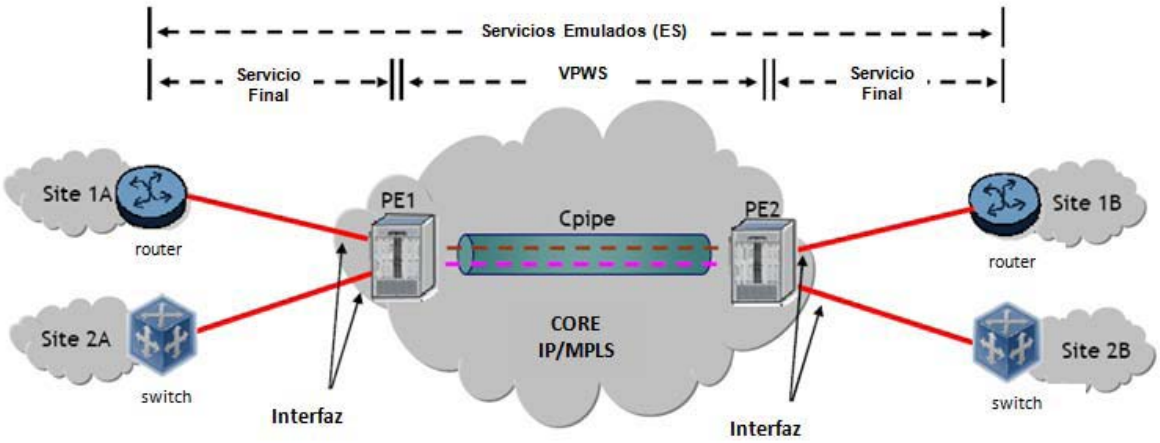
conectados a 7750 diferentes. En este último caso hacen uso de un SDP para saber enrutar el tráfico.

- **C-pipe:**

El cpipe provee una conexión bidireccional en capa 2 de Servicios TDM en redes IP/MPLS de usuarios finales. Dicho de otra forma un cpipe es un Servicio de una VPN punto a punto simulando una línea TDM arrendada. Los enrutadores de frontera que se encuentran conectados hacia los sitios de los clientes a través de circuitos locales reciben tráfico TDM nativo, a este tráfico lo encapsulan para transportarlo en túneles virtuales a través de la red (por lo general IP/MPLS) para alcanzar el sitio remoto.

El cpipe, al igual que el epipe, puede ser configurado en conexión local como en conexión remota. Es conocida también como "CES-Pipe", servicio de circuitos emulados.

Un ejemplo se puede ver en el dibujo.



6.7.2 Servicios multipunto

Estos tipos de servicios pueden ser diferenciados como VPNs de capa 2 para VPLS, y VPNs de capa 3 para VPRN. A manera de una breve introducción, podemos decir que una VPLS es una clase de VPN (Capa 2) que permite la conexión de múltiples sitios en un dominio **conmutado** sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios; mientras que una VPRN es otro tipo de VPN (Capa 3) que permite la

conexión de múltiples sitios dominio **enrutado** sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor de servicios.

- **VPLS:**

VPLS (Virtual Private LAN Service) es la tecnología de red para ofrecer servicios ethernet basados en comunicaciones multipunto a multipunto encima de redes IP/MPLS. Esto quiere decir que con un VPLS, la red de área local o LAN llega hasta cada sede de la empresa a través de la interfaz del proveedor del servicio. La red del proveedor entonces emula el comportamiento de un conmutador o un puente creando una LAN compartida por todas las sedes con un único dominio de broadcast. Un caso muy extendido de este tipo de servicios es el de la conectividad entre dos sedes con ethernet, también llamado línea privada ethernet. Éstas constituyen un potente servicio sustitutivo de las tradicionales líneas dedicadas de los operadores, puesto que se proporcionan de forma nativa en ethernet sin necesidad de equipos adaptadores.

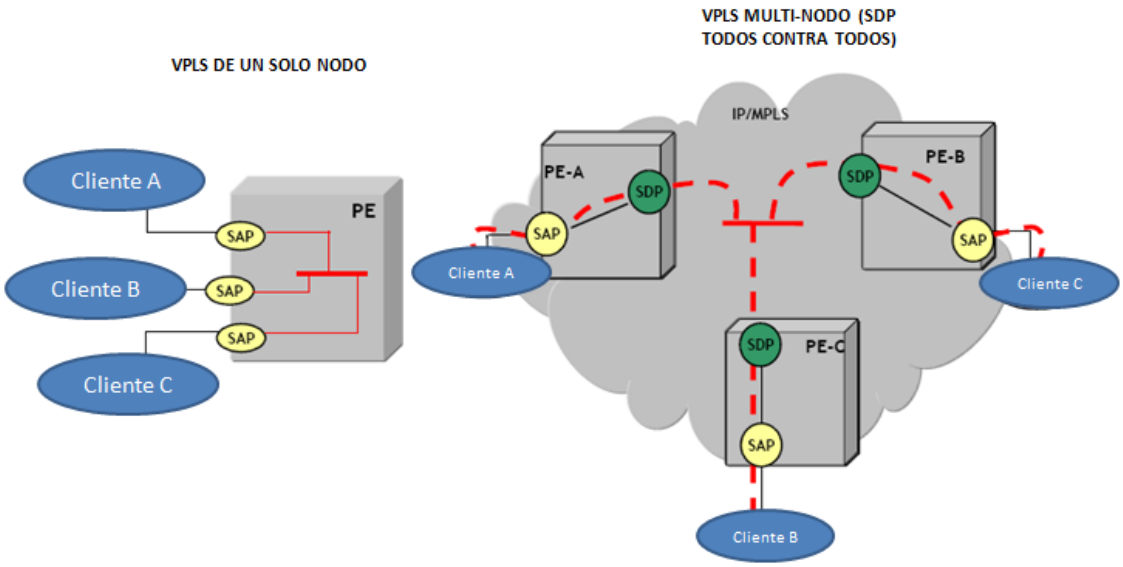
Las ventajas de este tipo de servicios son las siguientes:

- Se reduce la curva de aprendizaje: la tecnología de red es la misma tanto para LAN como para WAN, luego el cliente no tiene que aprender tecnologías complejas exclusivas de las redes de operadores.
- Se reduce la inversión y el gasto del cliente: no es necesaria la utilización de routers en las diferentes sedes, se pueden interconectar con los mismos conmutadores de la red de área local.
- Los esquemas se simplifican: no es necesario pensar en la topología de la red porque desde el primer momento existe conectividad entre todas las sedes y simplifica el esquema de la red del cliente.
- Es posible extender diferentes redes LAN virtuales: muchos administradores de redes segmentan la red en distintos dominios de nivel 2 por motivos de seguridad y calidad de servicio. A menudo estas distintas redes obedecen a perímetros de seguridad diferentes separados por elementos cortafuegos. De esta forma se limita o controla el acceso local

de cualquier usuario a sistemas críticos o información restringida.

- Facilita el acceso a los servicios centralizados a todas las sedes de la empresa: gracias a la ampliación de la conectividad entre las sedes, se pueden extender todos los servicios y aplicaciones de la sede principal.
- Mejora la flexibilidad y la recuperación de desastres: es posible trasladar equipos y servidores de una sede a otra sin modificar la configuración.
- La potencia de gigabit ethernet: La tecnología ethernet no ha parado de evolucionar a lo largo de los años. Uno de los aspectos más destacados ha sido el aumento de la velocidad de las interfaces ethernet hasta los 100Gb/s. A día de hoy estamos desplegando para Vodafone la primera red de 100 Gigas.
- Aumenta la disponibilidad de los servicios: En muchos casos, las redes de las empresas no se pueden permitir una interrupción en su funcionamiento. Los servicios VPLS que funcionan con una red troncal MPLS se pueden configurar con redundancia de caminos.

Un ejemplo se puede ver en el siguiente dibujo:



- **VPRN:**

VPRN (Virtual Private Remote Networking) es un tipo de VPN que permite la conexión de múltiples sitios sobre un dominio enrutado sobre una red IP/MPLS administrada por un proveedor.

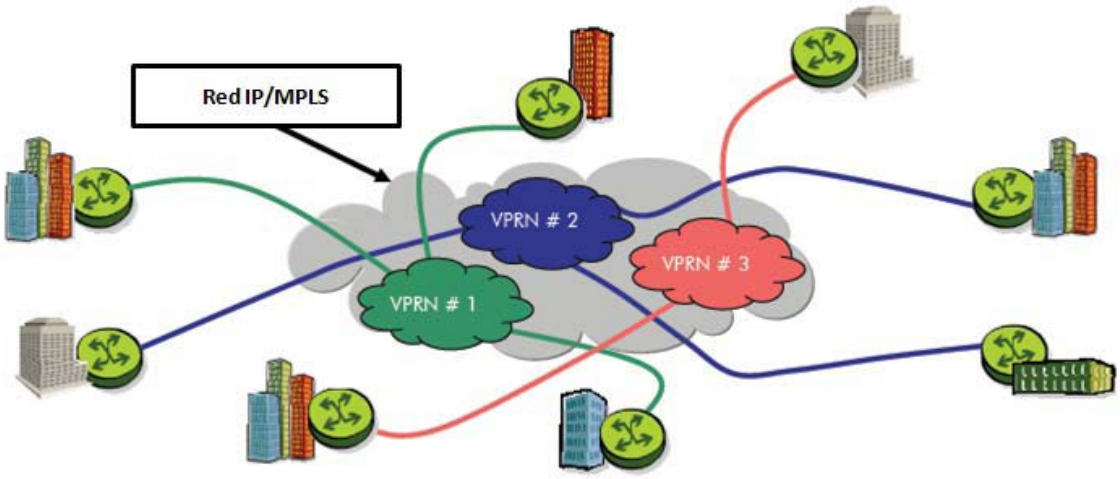
La perspectiva que el cliente tiene de esta red, es que los nodos están conectados a una red privada enrutada, mientras que el proveedor de servicios puede realizar una reutilización de la red IP/MPLS para ofrecer nuevos servicios

Antes de que un paquete de datos de un cliente viaje a través del backbone de un proveedor, es encapsulado con la etiqueta MPLS que le corresponde, en la VPN del cliente, a la ruta que mejor se adapte a la dirección de destino del paquete. El paquete MPLS es encapsulado con otra etiqueta MPLS, de esta consigue pasar por el túnel a través del backbone hasta el PE apropiado.

Los equipos que pertenecen al backbone no necesitan saber las rutas de la VPN, por ello, los nodos parecen estar conectados directamente entre sí, a nivel de IP. Ahora bien, de aquí parten muchas de las ventajas del uso de VPRNs. Algunas de ellas son listadas a continuación:

- Simplifica el enrutamiento en los sites del cliente, ya que el proveedor administra la zona enrutada. Ciertos sites pueden lograr una conectividad total con tan sólo una ruta por defecto. Toda la infraestructura puede ser administrada tan sólo por el proveedor.
- Esta infraestructura presenta redundancia y flexibilidad a la hora de crecer, además de encontrar beneficios en el diseño de la infraestructura del core.
- La seguridad ofrecida por una VPRN es muy similar a la seguridad inherente ofrecida por servicios de capa 2 como Frame Relay o ATM, y su implementación de circuitos virtuales. En una VPRN, la conexión entre múltiples sitios, puede ser vista como una conexión lógica dedicada entre sites diferentes del mismo cliente, lo cual, en concepto, es muy similar a los circuitos virtuales.

- La privacidad y seguridad son administradas por el aislamiento de cada red y la topología de ruteo por la separación de rutas en tablas lógicas de ruteo. Al cliente se le permite de manera virtual usar cualquier jerarquía de direccionamiento, independiente de la elección de los proveedores del direccionamiento y de las direcciones de otros clientes del proveedor.
- Cualquier tipo de interconexión física puede ser usada entre equipos del *core* y equipos tipo *edge*, siempre y cuando ambas sean soportadas entre los equipos.



7. Diseño de la red 7750:

Como comenté en la introducción voy a diseñar una red basada en equipos 7750 y gestionada mediante routers Cisco 2911.

Todo el diseño vendrá pensado según los parámetros que comenté, que eran:

- Robustez
- Velocidad
- Gestión
- Económicos

Otra cosa muy importante consiste en que toda planificación de una red de inicio está pensada para que pueda crecer con facilidad y sin afectar al tráfico que se encuentre fluyendo actualmente en dicha red, por ello, este factor será muy tenido en cuenta.

Aplicando todos los conceptos anteriormente explicados definiré la red y los protocolos a seguir indicando el porqué de las decisiones.

Recordando el escenario virtual para la creación de la red, nos encontramos con ocho nodos distribuidos en diferentes provincias de España que tendrá circuitos de transmisión que sean capaces de unir las sedes por zonas.

Como comenté anteriormente, los equipos de ALU tienen la capacidad de aceptar todas las tecnologías de transmisión actuales, con lo que cualquier operadora podría hacer uso de esta red tenga la red de transmisión que tenga.

El motivo de utilizar routers Cisco 2911 para la red de gestión es que son unos equipos muy sencillos que integran un interfaz ATM, con lo que con una configuración básica se podrían entregar líneas de gestión a través de líneas ADSL de 1 mega de velocidad, que saldrían muy económicas.

Volviendo a poner la imagen de nuestra red estaríamos en el siguiente escenario:

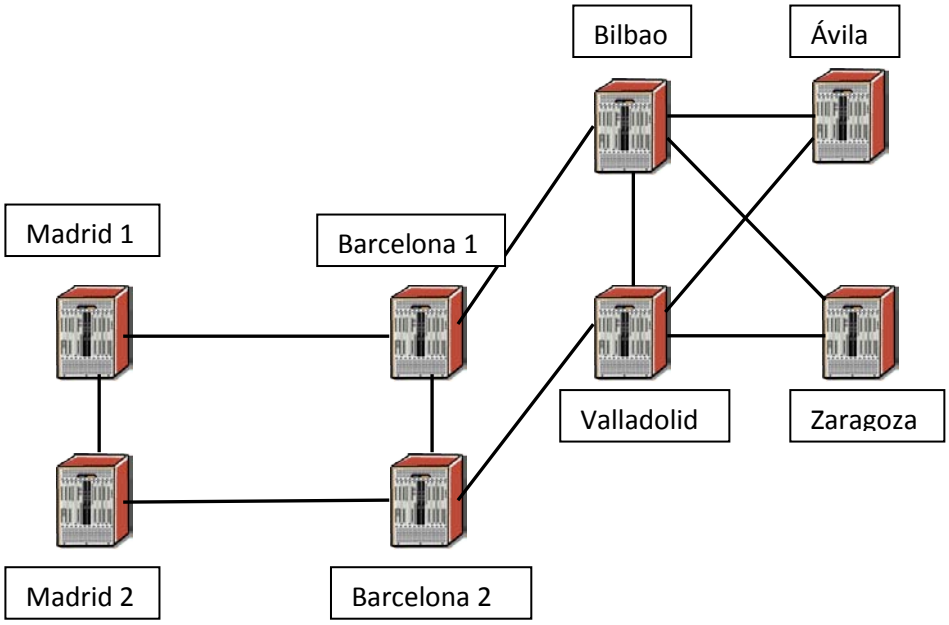
7.1 Arquitectura de red

La siguiente figura muestra la topología simplificada de la red.

En ella se pueden observar a nivel físico los interfaces o troncales de transmisión que van a unir de diferentes maneras los 7750.

Como expliqué anteriormente, estos equipos están especialmente diseñados para crear redes basadas en regiones. Esta característica permite un crecimiento sencillo en la red, ya que basta con aumentar el número de regiones o incorporar un nuevo equipo a una región ya predefinida según las necesidades de la red y lo que mejor se adapte a nuestras necesidades.

La red en una vista amplia será la siguiente:



El motivo de la elección de los troncales con este tipo de topología, parte en anillo y parte en malla, lo explicaré más adelante una vez presente la topología lógica de las regiones.

7.2 Elementos de red

En la red voy a diferenciar tres tipos de nodos:

- Nodos CORE (Madrid y Barcelona):

  Los equipos utilizados serán ALU 7750 SR-12. El motivo es que son los equipos más potentes y por el CORE va a pasar todo el tráfico de interconexión de todas las posibles regiones que se puedan crear en la red. En este caso solo hay una región que va a dar tráfico de cliente, pero la decisión se toma de esta manera pensando en un crecimiento de la red.

  Estos equipos no tendrán conexiones directas de cliente, es decir, servirán de puente para mover el tráfico entre regiones. El motivo por el que he tomado esta decisión es para dar una seguridad mayor a la red, ya que estos equipos sirven de puente entre todas las regiones, por lo que no quiero saturarlos de tráfico.

- Nodo CORE de región (Bilbao y Valladolid):

Los equipos utilizados serán ALU 7750 SR-12. El motivo es parecido al anterior. Los equipos de cada CORE de región van a soportar todo el tráfico que intercambien los equipos de dicha región, a parte de los tráficos de salida o entrada que vayan o provengan de otras regiones. En este caso, si será posible conectar físicamente clientes en sus puertos ya que tienen una doble labor, hacer de router de acceso y a la vez de CORE de región.

- Nodos remotos (Ávila y Zaragoza):

En este caso, los equipos que se utilizarán serán ALU 7750 SRc12. El motivo es porque estos equipos son más económicos que los SR12 aunque cumplen perfectamente las necesidades de un gran ancho de banda como se pude ver en las especificaciones anteriormente mencionadas. Normalmente toda red suele crecer en equipos remotos, el CORE suele ser fijo y en todo caso es posible crecer de vez en cuando, según sean las necesidades con equipos CORE de región cuando se monta una nueva región.

7.3 Arquitectura lógica de red

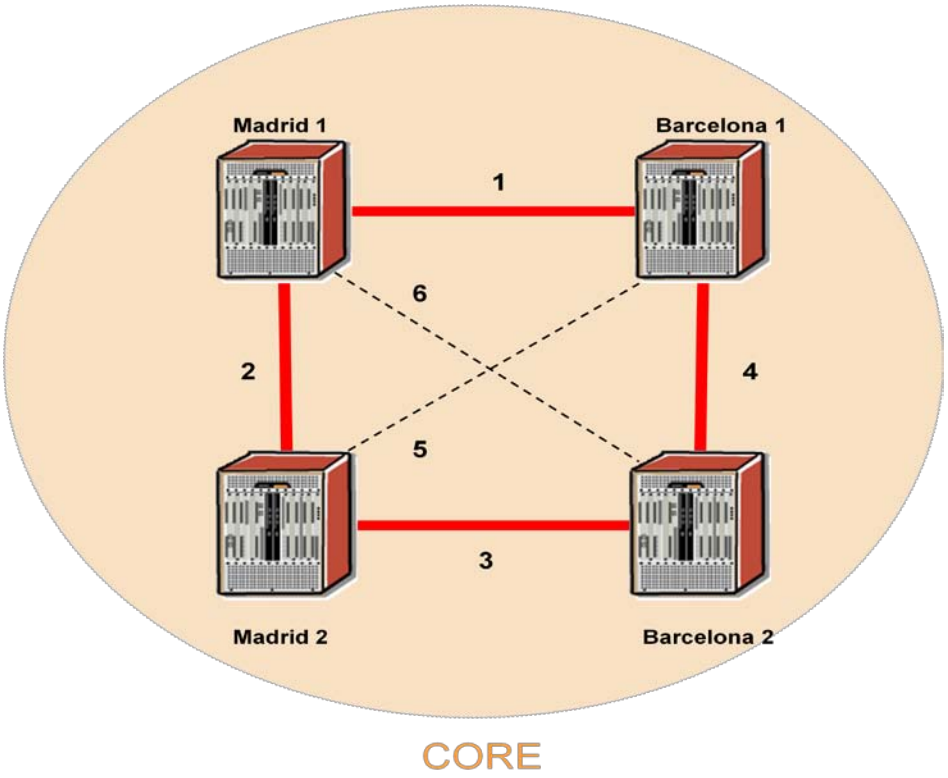
La red VPLS se ha definido como Hierarchical (H-VPLS). La jerarquía implica dividir la red en regiones VPLS, que se interconectan con la región CORE (que es a su vez una región VPLS más). La región CORE está formada por los equipos CORE de Madrid y Barcelona.

En este caso, a parte del CORE solo voy a definir una región más, pero de cada a una planificación se irían asignando según la tabla:

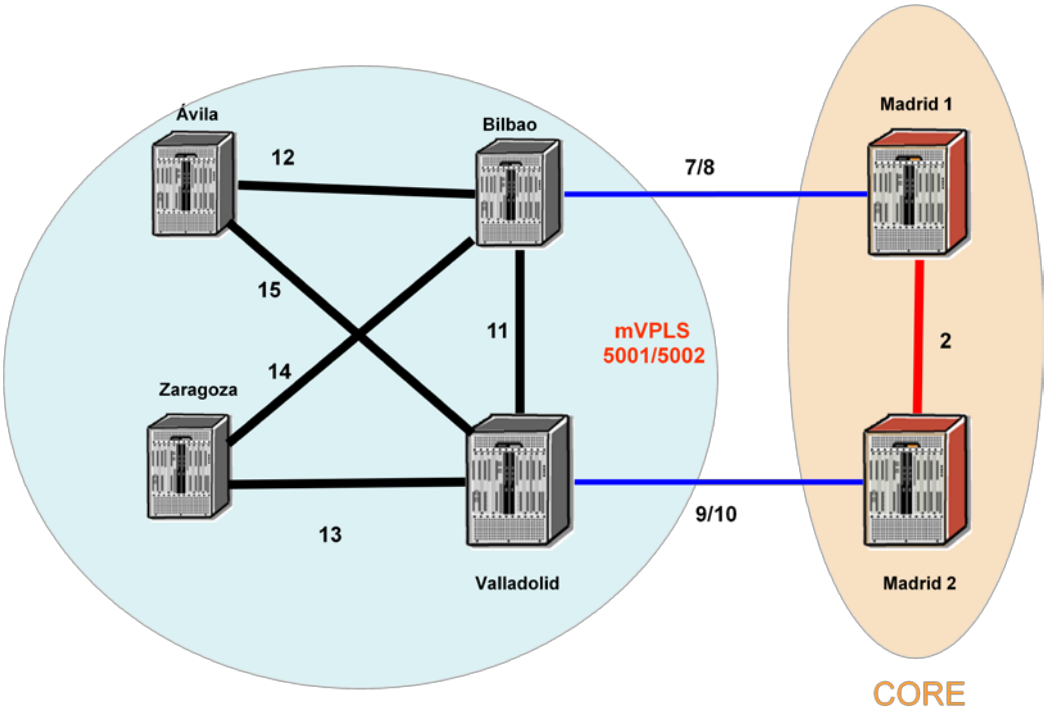
Región VPLS	Nodos
Región 1	Bilbao y Valladolid
Región 2	Nuevos equipos agregadores
Región 2	Nuevos equipos agregadores

En los dibujos represento las diferentes regiones que voy a planificar.

CORE VPLS



REGION BILBAO-VALLADOLID



El motivo por el que he elegido esta topología de red es el siguiente:

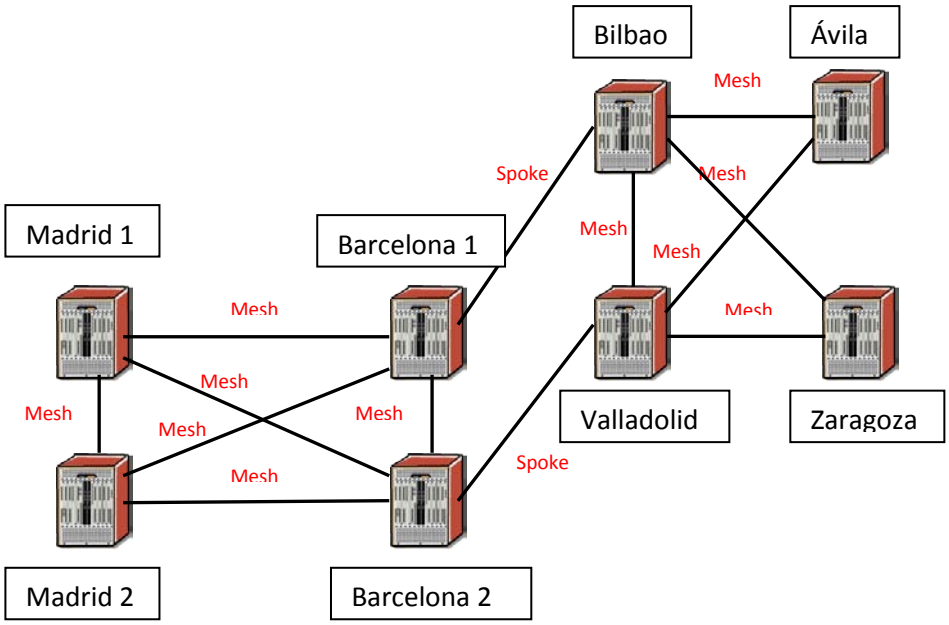
Como he repetido anteriormente, las redes Ethernet/MPLS están especialmente diseñadas para crear redes divididas en diferentes zonas. En este caso, he diferenciado entre una región CORE y una región dedicada al tráfico de cliente. De cara a un futuro crecimiento lo único que habría que plantearse sería en hacer crecer la región de cliente o crear una nueva región de cliente según tenga configurados los anillos de transmisión el proveedor en cuestión

He decidido que el diseño de la red siga la siguiente premisa.

- Todo CORE de región o CORE de red tendrá un diseño en anillo.

El motivo es para evitar bucles. Esto se consigue jugando con SDP tipo spoke y SDP tipo mesh. Las regiones VPLS están conectadas mediante SDPs de tipo spoke. Un spoke SDP replica el tráfico que recibe por todos los puertos vecinos excepto por el mismo puerto por el que se ha recibido. Por otro lado los equipos de acceso se unen con los CORE de la región a través de SDPs mesh. Los equipos del CORE de la red también se unen entre sí a través de mesh SDP. Este tipo de conexiones replica el tráfico que recibe por todos sus interfaces de tipo spoke y nunca replica por los de tipo mesh.

De esta manera el diseño que he elegido para evitar bucles sería el siguiente:



- Las regiones de acceso se configurarán con un diseño en malla.

  Una vez solucionado el problema de bucles de red gracias al diseño del CORE hay que buscar la máxima fiabilidad. Para ello he decidido que cualquier equipo de acceso se encuentre en malla con el CORE de su región. De esa manera, frente a un problema en un camino principal existirá siempre un camino secundario que pueda redirigir el tráfico sin crear ningún corte de red.

En este punto, es interesante definir el uso que daré al protocolo OSPF, que será el que me permita que todos los nodos se descubran entre sí.

En redes multiservicios, poseemos características como son las redes multiáreas y redes de una sola área. A continuación se presentarán características de redes con ambas topologías, y se observará el por qué se escogió configurar los equipos con OSPF en una sola área.

Como características del despliegue de OSPF en una sola área, mencionaremos las siguientes:

- Configuración simple y fácil resolución de problemas, en lo que respecta a la planificación de la red se tiene la misma configuración en todos los elementos de la red. No hay necesidad de buscar soluciones de problemas en zonas mal configuradas, tan sólo buscar en la configuración de enlaces individuales.
- LSPs de extremo a extremo, con el fin de establecer un LSP, la dirección de loopback (/32) del nodo de destino se necesita ser conocida. Un despliegue de una sola área hace esto posible.
- Ingeniería de tráfico con LSPs de extremo a extremo, OSPF-TE y RSVP-TE, son protocolos de área opaca, es decir, nunca traspasan sus bordes. El despliegue de OSPF por una sola área hace posible establecer LSPs extremo a extremo que se encuentran en diferentes anillos.
- Escalabilidad, los equipos ALU soportan hasta 255 equipos en una sólo área en el despliegue de OSPF. La topología de la base de datos se mantiene siendo muy simple ya que sólo la

dirección de la interfaz de sistema y las direcciones de enlace se intercambian.

Las características de las multiáreas OSPF son:

- En cuanto a la Jerarquía de la Red, se incrementa su escalabilidad, esto permite sumarización, ayudando a que se reduzca el tamaño de la Base de Datos de la topología y el consumo de memoria.
- No existen LSPs de Extremo a Extremo, para poder configurar un LSP de extremo a extremo, la dirección de loopback (/32) debe ser conocida; al segmentar la red si la sumarización no está permitida, es imposible crear LSPs de extremo a extremo entre anillos diferentes.
- No existen LSPs de extremo a extremo con Ingeniería de tráfico, el despliegue de OSPF multiárea hace que sea imposible que exista tráfico en los LSPs de extremo a extremo con ingeniería de tráfico.

Haciendo una tabla comparativa:

Criterios	Un solo área	Multiárea
Jerarquía (Sumarización)	No	Sí
Configuración/Resolución de problemas	Fácil	Más complicado
LSPs Extremo a Extremo	Sí	No
LSPs con TE Extremo a Extremo	Sí	No
Escalabilidad	Medio (255)	Alto

Esta es la razón por la cual se ha escogido realizar la configuración de los equipos con una sola área de OSPF, en Ingeniería de Tráfico necesitamos que los LSPs sean de extremo a extremo, de esta manera reducimos el posible impacto en tiempo de recuperación ante un fallo en la red.

7.4 Criterios de asignación

En todo despliegue de red, es muy importante dejar claro desde un comienzo una serie de criterios para asignar los recursos disponibles de la red que se está montado.

El principal motivo se basa en ser capaces de realizar un despliegue ordenado para que desde el inicio se sigan una serie de pautas que nos permitan tener siempre la red bajo control y seamos capaces de organizar nuestros recursos de la manera más efectiva posible.

Otro de los motivos es el control de umbrales. Todo proveedor de servicios de red cuenta con una serie de herramientas de monitorización en las que se suelen establecer unos umbrales de ocupación. Dichos umbrales saltan cuando se alcanza un número de puertos en uso, un número de clientes por nodo, etc. De esta manera, seremos capaces de tener una previsión de futuras ampliaciones en la red según sean realmente necesarias.

Por tanto, en resumen, el establecer una serie de criterios de asignación se amolda a uno de los puntos clave que había establecido en el comienzo. Los motivos económicos.

7.4.1 Asignación de puertos

Estas son las interfaces de acceso permitidas para los clientes:

- **Ethernet: 10/100 BaseT**: Disponible en todos los nodos.
- **Gigabit Ethernet**: Disponible en todos los nodos.
- **10G**: Como despligue inicial no se contempla, pero de cara a un crecimiento de la red sería interesante el planteamiento de migrar los troncales del CORE a conexiones 10G. Por motivos económicos todos los troncales del despliegue se harán sobre tarjetas Gigabit Ethernet.

Para los 3 tipos, la asignación será estándar, es decir, se asignará de manera consecutiva desde el primer puerto libre.

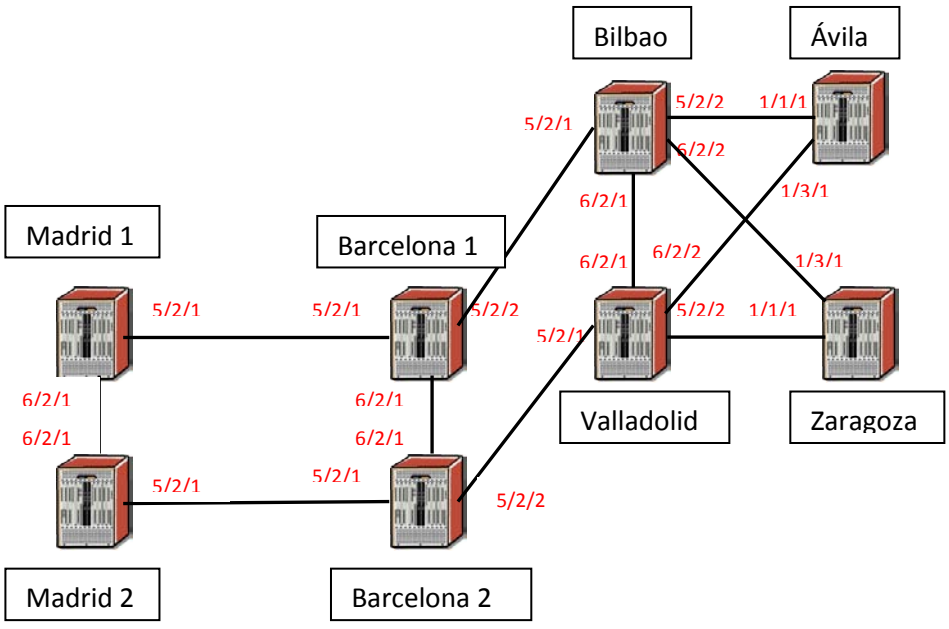
Para las sedes de clientes que requieran redundancia de equipo, en general, se conectará la línea principal en el equipo correspondiente, y la

de backup se conectará en el equipo que forma la región VPLS con el primero.

A modo de ejemplo, para una sede de Ávila, la línea principal irá a Bilbao y la de backup a Valladolid, ya que Bilbao y Valladolid forman la región VPLS del equipo de acceso de Ávila.

De esta manera tanto a nivel gráfico como en tabla, la asignación de puertos para los interfaces de nuestra red quedaría así:

Nombre interfaz	Nodo A	Puerto A	Nodo B	Puerto B
Madrid1-Madrid2	Madrid1	6/2/1	Madrid2	6/2/1
Madrid1-Barcelona1	Madrid1	5/2/1	Barcelona1	5/2/1
Madrid2-Barcelona2	Madrid2	5/2/1	Barcelona2	5/2/1
Barcelona1-Barcelona2	Barcelona1	6/2/1	Barcelona2	6/2/1
Barcelona1-Bilbao	Barcelona1	5/2/2	Bilbao	5/2/1
Barcelona2-Valladolid	Barcelona2	5/2/2	Valladolid	5/2/1
Bilbao-Valladolid	Bilbao	6/2/1	Valladolid	6/2/1
Bilbao-Ávila	Bilbao	5/2/2	Ávila	1/1/1
Bilbao-Zaragoza	Bilbao	6/2/2	Zaragoza	1/3/1
Valladolid-Zaragoza	Valladolid	5/2/2	Zaragoza	1/1/1
Valladolid-Ávila	Valladolid	6/2/2	Ávila	1/3/1



Un criterio muy importante a mi modo de ver y que he aplicado en la asignación de puertos para los interfaces consiste en distribuir en diferentes tarjetas los interfaces que tiene un mismo equipo. Esto nos ayuda a dar robustez a la red, que era uno de los puntos clave establecidos a la hora de diseñarla. Con esto, conseguimos que si una de las tarjetas fallara, aunque se generara una avería que habría que solucionar, el equipo podría seguir dando servicio a través el otro interfaz que se encuentra en la otra tarjeta que no está averiada.

7.4.2 Asignación de los servicios

Aunque en este sentido no voy a hacer un diseño de red definiendo clientes ficticios, si es interesante dejar en toda planificación de una nueva red una serie de pautas para asignar identificativos de cliente para una mayor organización.

He decidido asignar identificativos haciendo caso a dos parámetros:

- Según las QoS que se vayan a aplicar al servicio. Distinguiré entre cuatro tipos de tráfico:
  - Gold (Tráfico de voz // rt-VBR)
  - Silver (Tráfico de datos con prioridad // nrt-VBR)
  - Bronze (Tráfico de datos sin prioridad: Internet // UBR)
  - Gestión (nrt-VBR)
- Diferenciando si la VLAN es metropolitana (MAN) o de ámbito nacional.

De esta manera he definido siete grupos diferentes de identificativos que serán:

- **Nacional** (en toda la red Ethernet Conmutada):
  - 2011 - 2500 Gold
  - 1011 - 1500 Silver
  - 0011 - 0500 Bronze
  - 3011 - 3500 Gestión
- **Metropolitana** (por cada nodo de la Ethernet Conmutada):
  - 2501 - 2999 Gold
  - 1501 - 1999 Silver
  - 0501 - 0999 Bronze

7.5 Criterios de planificación

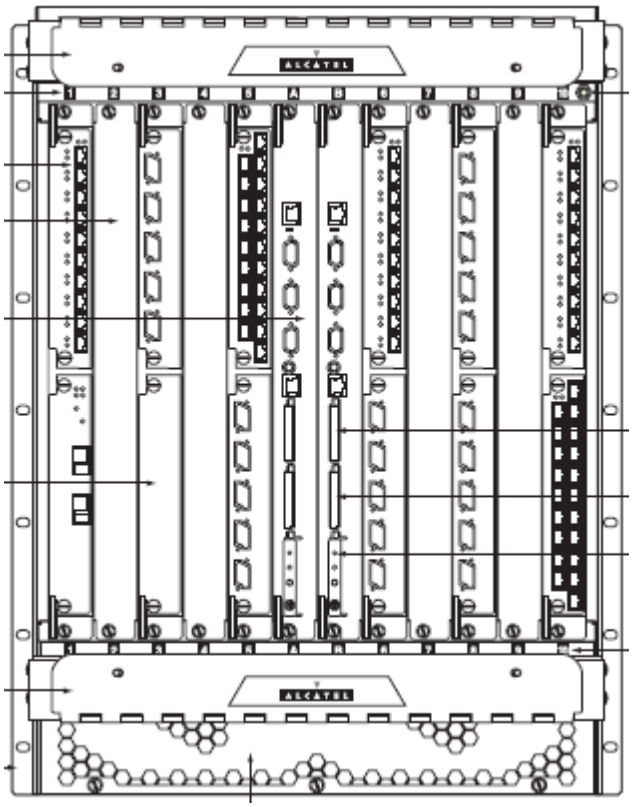
En este apartado voy a tratar de definir la planificación de las tarjetas de acceso, IP de los interfaces, IP de sistema de los equipos, criterio de asignación de caminos y numeración de los SDP, para de esta forma, terminar de asentar el diseño de la red.

7.5.1 Capacidad de los equipos 7750

Tendremos instalados en red 2 modelos de Alcatel 7750, el SR-12 (nodos CORE) y el SRc-12 (nodos de acceso).

Vista equipo SR-12

La siguiente figura muestra una vista del equipo SR-12:



El SR-12 soporta 10 módulos I/O (IOM). Cada IOM acepta 2 mediadependant adapters (MDAs). La capacidad I/O por slot para el SR-12 es de 40 Gb/s (full duplex). Todos los tipos de MDAs son intercambiables.

Estas son las MDAs que vamos a utilizar en la red:

Media-Dependant Adapter (MDA)	Nº puertos por MDA
10/100 Ethernet	60
Gigabit Ethernet	10 or 20
10G	8
OC-3c/STM-1 SONET/SDH	8 or 16
ASAP	4
CES	4

Vista equipo SRc-12

La siguiente figura muestra una vista del equipo SRc-12:

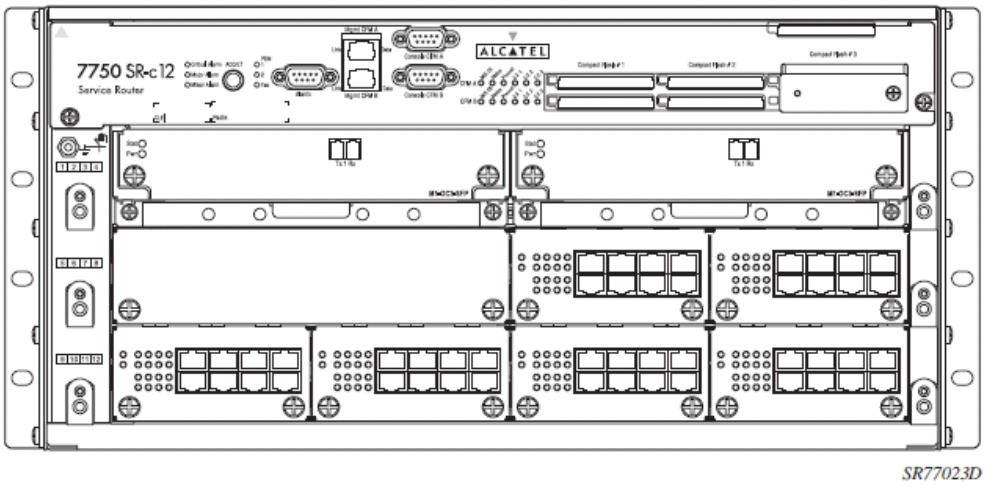


Figure 1: 7750 SR-c12 Chassis Front View

En la parte superior del frontal del chasis se inserta el Chassis Control Module (CCM-XP), que proporciona los puertos de consola y gestión y los módulos para las Compact flash del equipo.

Las 2 controladoras se insertan en la parte posterior del chasis.

El SRc-12 tiene capacidad para 6 MDAs. Para instalar cada MDA hace falta instalar también un adaptador llamado MCM. En este caso no son necesarias IOMs.

Estas son las MDAs permitidas para el SRc-12:

Media-Dependant Adapter (MDA)	Nº puertos por MDA
10/100 Ethernet	60
Gigabit Ethernet XP	10 or 20
CES	4

7.5.2 Equipado de placas

SR-12

Este es el criterio que he definido para el equipado de las tarjetas en los equipos SR-12:

- **Nodos CORE**:

Estos equipos no soportan conexiones de cliente, por lo que se equiparán sólo con tarjetas GE y ATM (en caso necesario).

La capacidad máxima de estos nodos es de 400 puertos GE.

El orden de llenado de los slots con tarjetas GE será el siguiente:

NODO CORE CON TARJETA ATM

1	2	3	4	5	A	B	6	7	8	9	10
Tarjeta ATM	14	10	6	1	Controladora	Controladora	4	8	12	16	18
2	15	11	7	4			5	9	13	17	19

NODO CORE SIN TARJETA ATM

1	2	3	4	5	A	B	6	7	8	9	10
17	13	9	5	1	Controladora	Controladora	2	7	11	15	19
18	14	10	6	3			4	8	12	16	20

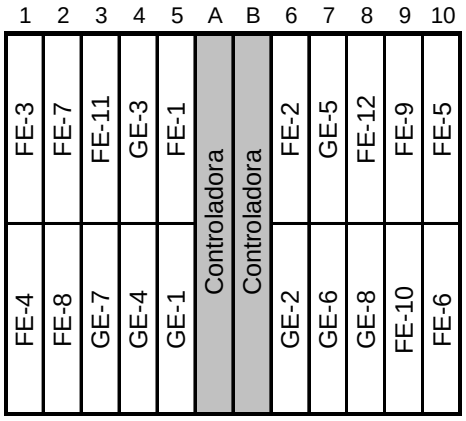
Orden de llenado para instalación de tarjetas 10G:

Las tarjetas 10G ocupan un slot completo (o lo que es lo mismo 2 MDAs). La 1ª tarjeta 10G del chasis se instalará en el slot 10 y las siguientes en sentido descendente.

Nodos de acceso:

La capacidad máxima de estos nodos es de 720 puertos FE + 160 GE.

El orden de llenado de los slots es el siguiente (si el crecimiento de alguno de los 2 tipos de puertos es mayor que el contemplado en esta figura, se podrán instalar tarjetas en los slots dedicados al otro tipo). Hay que tener en cuenta que si hubiera una MDA libre en el chasis, se utilizará el espacio libre, aunque no siga exactamente esta distribución:



Orden de llenado para instalación de tarjetas 10G:

Las tarjetas 10G se instalarán en este orden: slot 9, slot 8, slot 2, slot 3.

SRc-12

La configuración estándar de estos nodos será de 2 tarjetas GE en los slots 1.1 y 1.3, y una tarjeta CES en el slot 1.5. El resto de slots se irán equipando por orden según sea necesario.

	CCM-XP		
Slot 1.1	GE-1	GE-2	Slot 1.3
Slot 1.5	CES		Slot 1.7
Slot 1.9			Slot 1.11

7.5.3 Asignación de IP de sistema

En la siguiente tabla indico las IP de sistema o de loopback que van a tener nuestros equipo.

Para una ampliación de nuevos equipos se seguirán asignando IP de forma consecutiva a la tabla hasta que se termine el rango. Esto permitirá la instalación de hasta 254 equipos con lo que si la red creciera lo suficiente para plantearse un nuevo rango habría que plantear el estudio de la nueva asignación, pero en principio con esta tabla nos valdría para una red viva durante muchos años.

Este tipo de IP sirve para identificar un equipo en la red. Una vez establecidos los diferentes caminos por donde se enruta la red los equipos se anunciarán mediante su IP de sistema para que mediante el protocolo OSPF se vayan haciendo visibles unos con otros.

Nodo	IP
Madrid1	10.16.81.1
Madrid2	10.16.81.2
Barcelona1	10.16.81.3
Barcelona2	10.16.81.4
Bilbao	10.16.81.5
Valladolid	10.16.81.6
Ávila	10.16.81.7
Zaragoza	10.16.81.8
Siguiente nodo	10.16.81.9

7.5.4 Asignación de IP de los interfaces

La asignación de IP para los interfaces que unen físicamente los diferentes nodos será como se indica en la siguiente tabla.

La máscara de red será /30, de esta manera se dejarán dos IP para identificar los puertos extremos de cada nodo y luego una IP de broadcast y otra para anunciarse a sí mismo.

Rango IPs	Nodo A-Nodo B	IP del nodo A	Nombre interfaz en el nodo A	IP del nodo B	Nombre interfaz en el nodo B
10.16.177.0/30	MADRID1-BARCELONA1	10.16.177.1	TO_BAR1	10.16.177.2	TO_MADR1
10.16.177.4/30	MADRID1-MADRID2	10.16.177.5	TO_MADR2	10.16.177.6	TO_MADR1
10.16.177.8/30	MADRID2-BARCELONA2	10.16.177.9	TO_BAR2	10.16.177.10	TO_MADR2
10.16.177.12/30	BARCELONA1-BARCELONA2	10.16.177.13	TO_BAR2	10.16.177.14	TO_BAR1
10.16.177.16/30	MADRID1-BILBAO	10.16.177.17	TO_BIL	10.16.177.18	TO_MADR1
10.16.177.20/30	MADRID2-VALLADOLID	10.16.177.21	TO_VALL	10.16.177.22	TO_MADR2
10.16.177.24/30	BILBAO-VALLADOLID	10.16.117.25	TO_VLL	10.16.177.26	TO_BIL
10.16.177.28/30	BILBAO-AVILA	10.16.117.29	TO_AVI	10.16.177.30	TO_BIL
10.16.177.32/30	BILBAO-ZARAGOZA	10.16.177.33	TO_ZAR	10.16.177.34	TO_BIL
10.16.177.36/30	VALLADOLID-AVILA	10.16.177.37	TO_AVI	10.16.177.38	TO_VLL
10.16.177.40/30	VALLADOLID-ZARAGOZA	10.16.177.41	TO_ZAR	10.16.177.42	TO_VLL

7.5.5 Asignación de caminos y LSP

El criterio que he decidido para elegir los caminos es el de menor número de saltos entre equipos 7750. Si entre el camino primario y secundario coincidieran el mismo número de saltos se elegirá aquel que menor recorrido tenga en el anillo de transmisión.

Si recordamos cuando vimos los LSP existían estáticos y dinámicos.

He preferido utilizar LSP estáticos por la ventaja que tenían sobre los dinámicos ya que no requieren señalización de etiquetas. La desventaja era que el mantenimiento de LSP cuando cambian las topologías se convierte en una tarea administrativa.

En mi experiencia a lo largo de los años trabajando con redes de operadoras me he dado cuenta que uno de los principios de ahorro de éstas consiste en no saturar sus redes con tráficos de señalización si se puede hacer vía administrativa. De esa manera todo el ancho de banda posible es aprovechado para ofrecerlo a nuevos clientes que son la fuente de ingresos de estas, por tanto, el motivo de esta decisión es económico ya que no vulnera la robustez de la red.

Por otro lado, otro aspecto que ofrecían los LSP a nivel de protección era que podían ser estrictos o utilizar fast reroute.

Fast reroute ofrecía la ventaja de que en el momento en el que un troncal se caía o detectaba un fallo automáticamente buscaba un camino alternativo para redirigir el tráfico, mientras que por los caminos estrictos, el tráfico siempre va por donde se le indica.

En este caso no voy a aprovechar esta mejora ya que haciendo pruebas he visto que el tiempo que tarda en redirigir el tráfico por la nueva ruta que encuentra mediante fast reroute suele tener una media de medio segundo o hasta un segundo mientras que por caminos estrictos es inmediato el cambio del camino primario al secundario.

Esto a veces es inaceptable para ciertos clientes, por lo que prefiero un buen diseño de red y un mantenimiento administrativo correcto para mantener una buena elección de caminos primarios y secundarios a la opción de fast reroute.

Por tanto, utilizaré caminos primarios con el secundario en standby.

La desventaja de utilizar este método es que requiere una mayor complejidad el despliegue de la red ya que hay que tener siempre en base de datos definidos los saltos de todos los caminos, pero asumiendo solo en este caso la mayor complejidad administrativa, creo que para una red no excesivamente amplia la solución de caminos estrictos es mejor.

Además si en un futuro, la red se hiciera lo suficientemente grande para que no sea asumible el mantenimiento administrativo de caminos, se puede pasar de manera fácil a fast reroute sin que suponga un gran coste.

Como se vio anteriormente los LSP son unidireccionales, con lo que a la hora de configurarlos habrá que hacerlos tanto en los equipos origen como en los destino para que exista la comunicación bidireccional necesaria en la red.

Las tablas de asignación de LSP y los caminos que van a seguir serán las siguientes, diferenciando entre las dos regiones que he creado. Además al tener que definir todos los saltos en los caminos, tanto primario como secundario, es importante mantener siempre actualizada la base de datos de la siguiente forma:

Región CORE:

Nodo A	Nodo B	Nombre LSP	Nombre PATH	Camino estricto
MADRID1	BARCELONA1	LSP_ MADR1BAR1	MADR1BAR1_P1	MADRID1- BARCELONA1
			MADR1BAR1_P2	MADRID1- MADRID2- BARCELONA2- BARCELONA1
MADRID1	MADRID2	LSP_ MADR1MADR2	MADR1MADR2_P1	MADRID1- MADRID2
			MADR1MADR2_P2	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2- MADRID2
MADRID2	BARCELONA2	LSP_ MADR2BAR2	MADR2BAR2_P1	MADRID2- BARCELONA2
			MADR2BAR2_P2	MADRID2- MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
BARCELONA1	BARCELONA2	LSP_ BAR1BAR2	BAR1BAR2_P1	BARCELONA1- BARCELONA2
			BAR1BAR2_P2	BARCELONA1- MADRID1- MADRID2- BARCELONA2
BARCELONA2	BARCELONA1	LSP_ MADR2BAR1	MADR2BAR1_P1	MADRID2- BARCELONA2- BARCELONA1
			MADR2BAR1_P2	MADRID2- MADRID1- BARCELONA1
MADRID1	BARCELONA2	LSP_ MADR1BAR2	MADR1BAR2_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			MADR1BAR2_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2

Región Valladolid-Bilbao:

Nodo A	Nodo B	Nombre LSP	Nombre PATH	Camino estricto
BILBAO1	MADRID1	LSP_ BILMADR1	BILMADR1_P1	MADRID1- BARCELONA1
BILBAO1	VALLADOLID	LSP_ BILVLL	BILVLL_P1	MADRID1- MADRID2
			BILVLL_P2	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2- MADRID2
BILBAO1	AVILA	LSP_ BILAVI	BILAVI_P1	MADRID2- BARCELONA2
			BILAVI_P2	MADRID2- MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
BILBAO1	ZARAGOZA	LSP_ BILZAR	BILZAR_P1	BARCELONA1- BARCELONA2
			BILZAR_P2	BARCELONA1- MADRID1- MADRID2- BARCELONA2
VALLADOLID	MADRID2	LSP_ VLLMADR2	VLLMADR2_P1	MADRID2- BARCELONA2- BARCELONA1
VALLADOLID	BILBAO1	LSP_ VLLBIL	VLLBIL_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			VLLBIL_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
VALLADOLID	AVILA	LSP_ VLLAVI	VLLAVI_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			VLLAVI_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
VALLADOLID	ZARAGOZA	LSP_ VLLZAR	VLLZAR_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			VLLZAR_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
ZARAGOZA	VALLADOLID	LSP_ ZARVLL	ZARVLL_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			ZARVLL_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
ZARAGOZA	AVILA	LSP_ ZARAVI	ZARAVI_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			ZARAVI_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
ZARAGOZA	BILBAO1	LSP_ ZARBIL	ZARBIL_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			ZARBIL_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
AVILA	VALLADOLID	LSP_ AVIVLL	AVIVLL_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			AVIVLL_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2

AVILA	BILBAO1	LSP_ AVIBIL	AVIBIL_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			AVIBIL_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2
AVILA	ZARAGOZA	LSP_ AVIZAR	AVIZAR_P1	MADRID1- BARCELONA1- BARCELONA2
			AVIZAR_P2	MADRID1- MADRID2-BARCELONA2

7.5.6 Asignación de SDP

Las regiones VPLS están conectadas mediante SDPs de tipo spoke. Un spoke SDP replica el tráfico que recibe por todos los puertos vecinos excepto por el mismo puerto por el que se ha recibido.

Los equipos dentro de una región VPLS se conectan con SDPs de tipo mesh.

En la red, a los spoke SDPs hay que asignarles dos SDPs id a cada uno, siempre consecutivos, uno par y otro impar. Esta asignación tiene dos finalidades, una es la creación de dos regiones m-vpls que evitan bucles en el core, y por otro lado, se puede hacer un reparto de tráfico de cliente asignando un tráfico par o impar según la identificación de servicio sea par o impar.

A los mesh sólo se les asigna un SDP id.

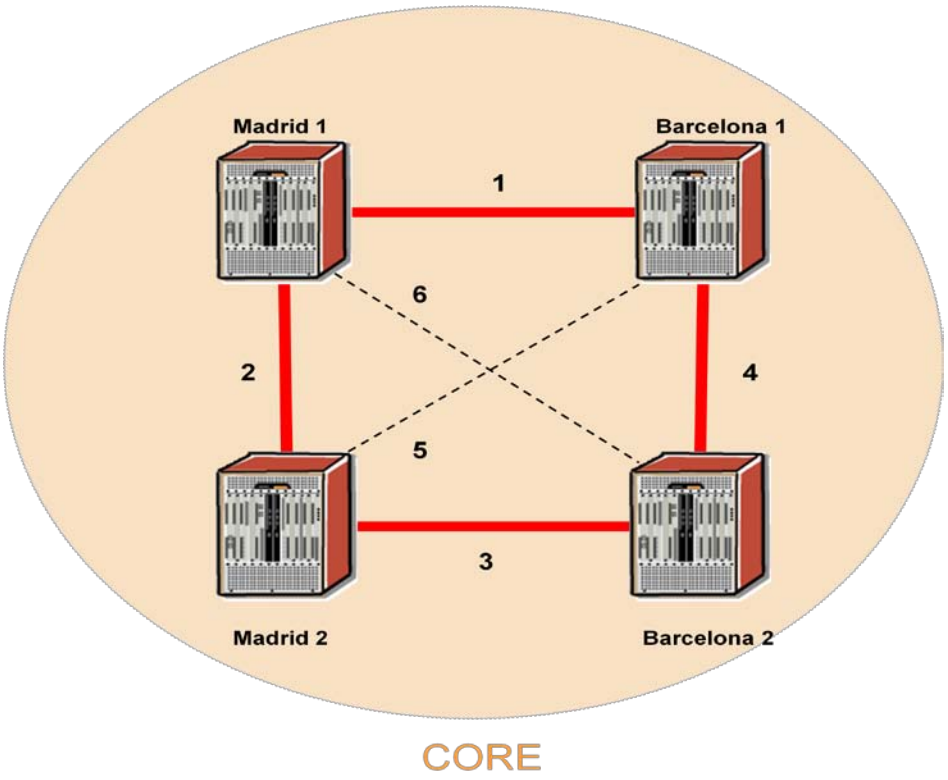
El rango de SDPs id va desde 1 a 999. Se asignarán los primeros valores libres del rango.

En la tabla se muestra la asignación de los nodos de nuestra red dividiendo los SDP por regiones. En nuestro caso las regiones del CORE y de Valladolid-Bilbao.

Región CORE:

Nodo A	Nodo B	SDP	Tipo de SDP	Conexión física	LSP UTILIZADO
MADRID1	BARCELONA1	1	Mesh	Sí	LSP_MADR1BAR1
MADRID1	MADRID2	2	Mesh	Sí	LSP_MADR1MADR2
MADRID2	BARCELONA2	3	Mesh	Sí	LSP_MADR2BAR2
BARCELONA1	BARCELONA2	4	Mesh	Sí	LSP_BAR1BAR2
MADRID2	BARCELONA1	5	Mesh	No	LSP_MADR2BAR1
MADRID1	BARCELONA2	6	Mesh	No	LSP_MADR1BAR2

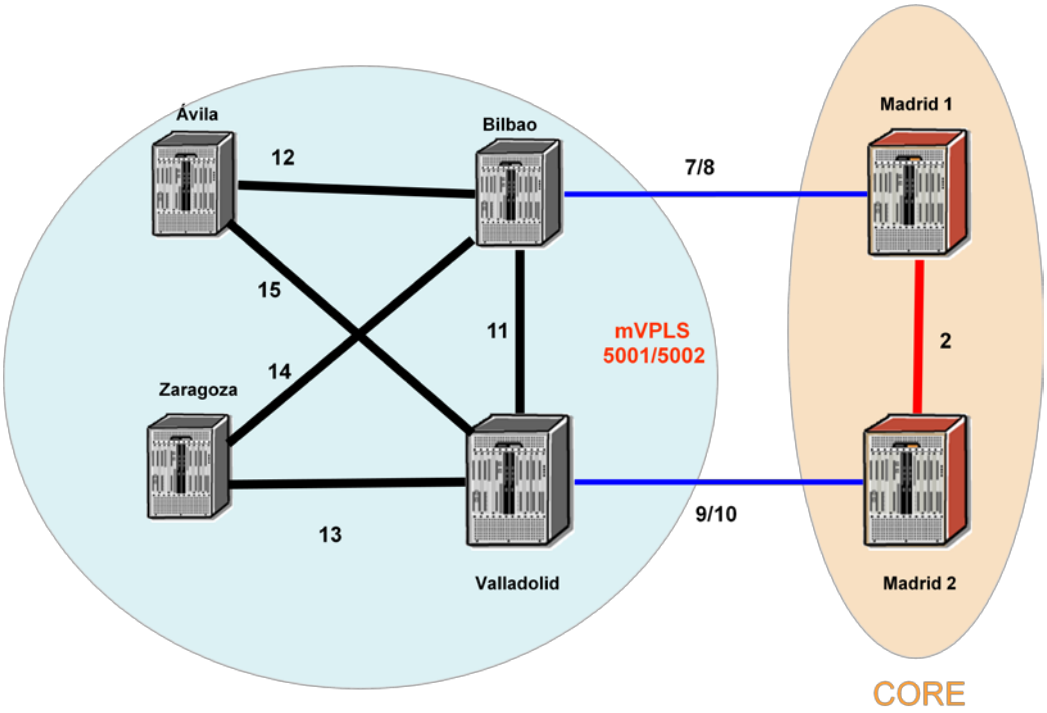
CORE VPLS



Región Valladolid-Bilbao:

Nodo A	Nodo B	SDP	Tipo de SDP	Conexión física	LSP UTILIZADO
BILBAO	MADRID1	7	Spoke	Sí	LSP_BILMADR1
BILBAO	MADRID1	8	Spoke	Sí	LSP_BILMADR1
VALLADOLID	MADRID2	9	Spoke	Sí	LSP_VLLMADR2
VALLADOLID	MADRID2	10	Spoke	Sí	LSP_VLLMADR2
BILBAO	VALLADOLID	11	Mesh	Sí	LSP_BILVLL
BILBAO	AVILA	12	Mesh	Sí	LSP_BILAVI
VALLADOLID	ZARAGOZA	13	Mesh	Sí	LSP_VLLZAR
BILBAO	ZARAGOZA	14	Mesh	Sí	LSP_BILZAR
VALLDOLID	AVILA	15	Mesh	Sí	LSP_VLLAVI
AVILA	ZARAGOZA	16	Mesh	No	LSP_AVIZAR

REGION BILBAO-VALLADOLID



El motivo por el que he elegido esta topología tiene dos explicaciones:

- Facilita el crecimiento de la red: al crear una región CORE a la que se conectan las regiones periféricas consigo un crecimiento sencillo. Si necesito añadir, por necesidades de servicio, un nuevo equipo en un site lo único que he de plantearme es si los anillos de transmisión permiten añadirlo a la región periférica que ya he creado, o de lo contrario he de crear una nueva. La creación de una nueva región lleva un grado de dificultad mínimo, equiparable casi a aumentar un equipo en una región existente. Por otro lado, esta nueva región permitiría ampliar posteriormente más equipos en las mismas condiciones de una región ya creada.
- Robustez: el diseño mallado de las regiones periféricas, permite que sea muy difícil que un nodo quede aislado, ya que siempre existirán caminos alternativos para que puede encaminar el tráfico por otro lado. Por otro lado, el diseño en anillo del CORE también da fiabilidad, ya que siempre existirán caminos redundados entre todos sus equipos y, además, este diseño permite el controlar que no existan bucles con un

diseño sencillo atendiendo a los SDP mesh y spoke, como expliqué anteriormente.

De esta manera, a no ser que exista un fallo múltiple en los circuitos de transmisión (que a su vez suelen estar también redundados), sería muy difícil la pérdida de información debida al diseño de esta red.

7.6 Diseño de la red de gestión fuera de banda

7.6.1 Introducción

Una red de gestión fuera de banda consiste en una red paralela a la red de conmutación, cuyo objetivo es el mantenimiento de dicha red de conmutación.

En mi experiencia con diferentes operadores de red he podido comprobar las ventajas que ofrecían las redes que poseían esta gestión externa con las que no.

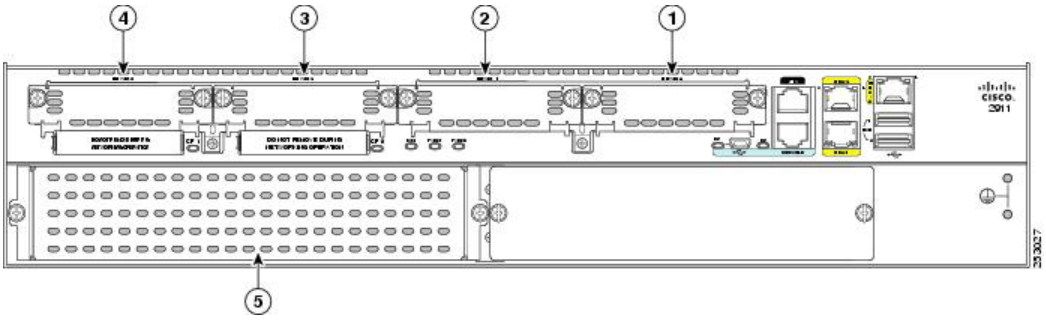
La mayor ventaja de no montar la gestión fuera de banda es económica, ya que inicialmente no necesita ningún desembolso extra, pero las apariencias engañan. Mediante una red de gestión fuera de banda se puede monitorizar la red de conmutación, independientemente del funcionamiento de esta, es decir, cualquier problema será detectado instantáneamente, ya que un problema en la red de conmutación no afecta a su red externa de mantenimiento. En el caso de no disponer de dicha red, podría ocurrir que existiera un problema que afectara a la vez a la gestión en banda y, por tanto, no nos daríamos cuenta hasta que los clientes nos dieran la voz de alarma.

Todo esto se traduce en ofrecer o no una red de calidad, en la que no tengamos que esperar a tener reclamaciones por parte de los clientes y poder iniciar todos los procesos necesarios para solucionar un problema en el momento en el que éste ocurre.

7.6.2 Cisco 2911

El router que he elegido para montar la red de gestión es el Cisco 2911.

En el dibujo se muestra una visión real y el diagrama de conexiones.



El principal motivo por el que he elegido este router, en particular, es porque consta de un interfaz ATM y dos Ethernet de serie que permiten que sea gestionado mediante líneas ADSL o circuitos Ethernet indistintamente, con lo que el transporte de la red de gestión no supone un gran problema cuando se diseña la red.

En mi caso, por motivo de abaratamiento de costes, he elegido el transporte vía ADSL.

La gran ventaja que supone esto es que solo hay que contratar una línea ADSL (con 1 Mbps es suficiente) a un operador que ofrezca este servicio y que la haga llegar al nodo.

7.6.3 Diseño

El diseño de la red de gestión va a ser sencillo.

En cada nodo habrá un 7750 acompañado de un router de gestión. Los datos de este router serán transportados a través de una línea ADSL entregada en el nodo a través de un PTR (punto de terminación de red). Esta modalidad, aparte de ser barata es rápida de implementar, ya que una operadora nos puede montar el servicio en una semana.

Una vez montado el PTR en el nodo se conectará al router mediante su puerto ATM a través de un cable RJ-32 (el típico de las conexiones telefónicas). De esta manera, conseguiremos acceder vía remota al router de gestión.

Para poder acceder vía remota todas las ADSL tienen que confluir en un servidor telnet que podemos alojar en cualquier lugar. De esa manera cualquier gestor podrá acceder a la red para ampliarla, mejorarla o mantenerla de forma rápida.

Cada uno de los dos interfaces Ethernet del router se conectará a los puertos Ethernet de gestión del 7750 que van asociados a cada una de las dos controladoras del equipo. Estas conexiones se realizan a través de un cable RJ-45 (típico cable de LAN). Una vez conectados los router a los 7750 seremos capaces de gestionarlos, vía telnet como indiqué anteriormente. También será necesario alojar el servidor 5620 SAM e integrarlo en la red para dar lugar a la red totalmente gestionada que indiqué en los requisitos de la práctica. Todos los traps SNMP del gestor circularán a través de la red de gestión y de esta manera se podrán hacer labores interesantes de mantenimiento como backups automáticos, visualización de alarmas, cargas masivas de configuración, borrado de recursos antiguos y un sinfín de posibilidades.

Por último, los puertos de consola del 7750 se conectarán a una tarjeta de puertos asíncronos con un cable con extremos RJ-45 y DB9. El motivo de tener conexiones consola nos permite tener una visión del arranque completo del equipo, con lo que es muy interesante de cara a upgrades de software o mantenimientos de bajo nivel.

7.6.4 Asignación IPs de gestión

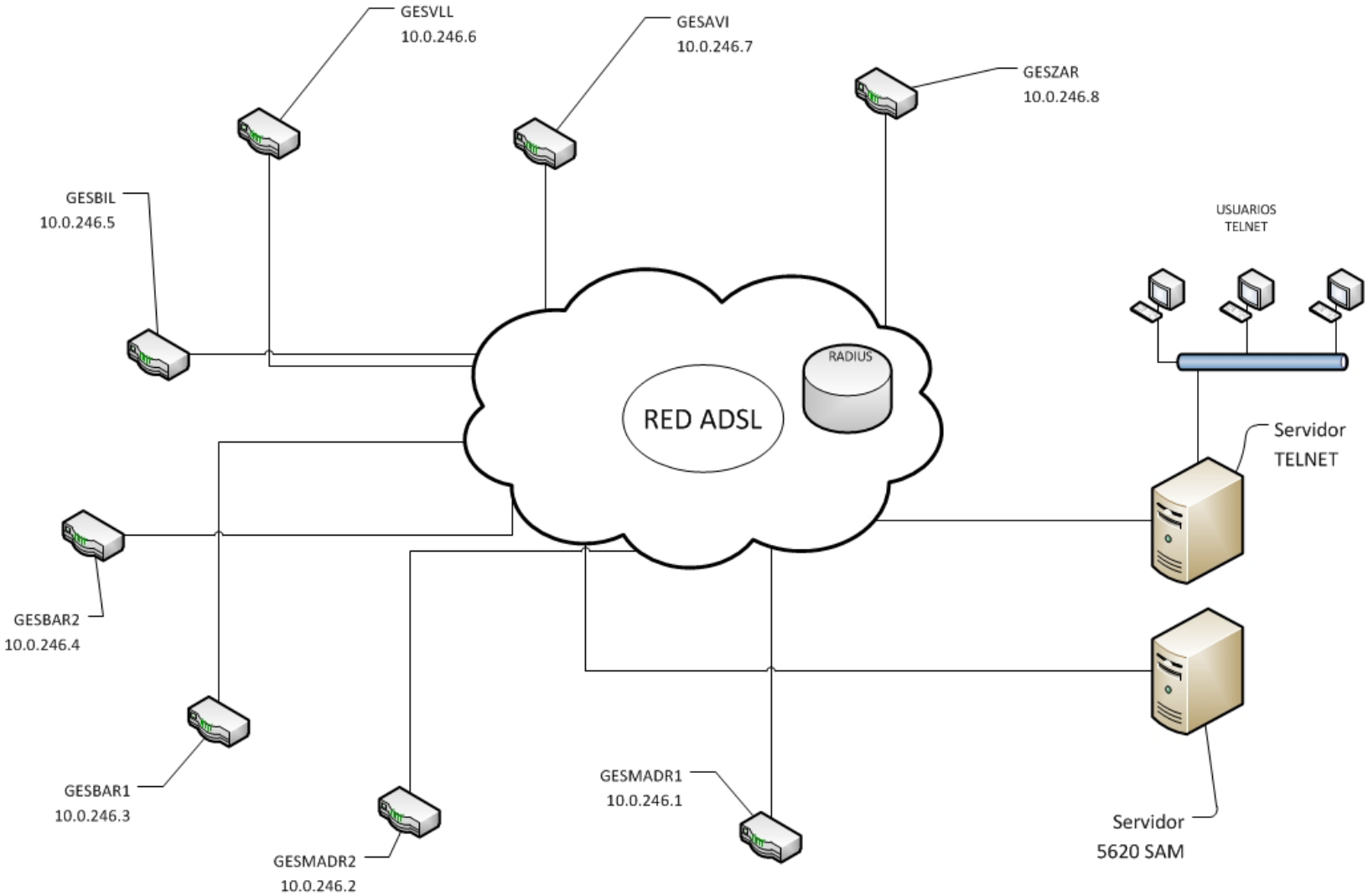
En la siguiente tabla se puede ver la asignación de las IP de gestión. En este caso he utilizado una máscara de red /32 ya que solo necesito asignar una IP a cada extremo del interfaz.

Aparte, cada router tendrá una IP se sistema que en el caso de Cisco se denomina IP del looback. Generalmente estas IPs se suelen asignar administrativamente mediante una máquina denominada RADIUS. El router una vez que se sincroniza con la ADSL hace una consulta al RADIUS para logarse al sistema mediante un usuario y contraseña. De ser correctos, la máquina RADIUS le asigna una IP (estática o dinámica, según se haya contratado) y de esa manera dicho router es visible en la red a través de esa IP asignada.

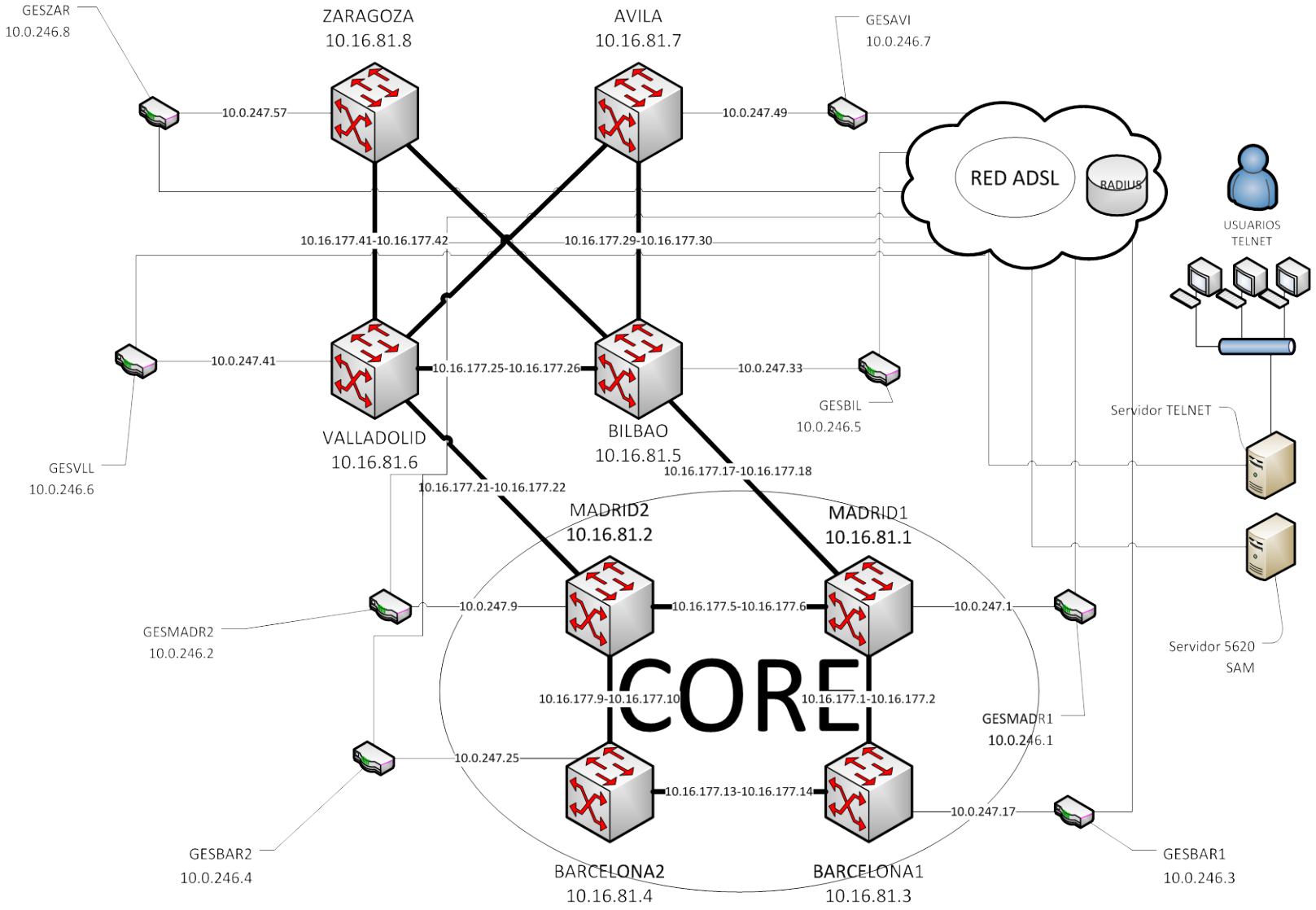
Nodo 7750	Controladora principal	Controladora de backup	Next hop	Nombre router	IP fija
Madrid1	10.0.247.2	10.0.247.3	10.0.247.1	GESMADR1	10.0.246.1
Madrid2	10.0.247.10	10.0.247.11	10.0.247.9	GESMADR2	10.0.246.2
Barcelona1	10.0.247.18	10.0.247.19	10.0.247.17	GESBAR1	10.0.246.3
Barcelona2	10.0.247.26	10.0.247.27	10.0.247.25	GESBAR2	10.0.246.4
Bilbao	10.0.247.34	10.0.247.35	10.0.247.33	GESBIL	10.0.246.5
Valladolid	10.0.247.42	10.0.247.43	10.0.247.41	GESVLL	10.0.246.6
Ávila	10.0.247.50	10.0.247.51	10.0.247.49	GESAVI	10.0.246.7
Zaragoza	10.0.247.58	10.0.247.59	10.0.247.57	GESZAR	10.0.246.8

7.6.5 Mapa de red de gestión

En la siguiente figura se puede ver el diseño completo de la red de gestión:


GESVLL
10.0.246.6
GESAVI
10.0.246.7
GESZAR
10.0.246.8
GESBIL
10.0.246.5
USUARIOS
TELNET
RADIUS
RED ADSL
Servidor
TELNET
GESBAR2
10.0.246.4
GESBAR1
10.0.246.3
GESMADR1
10.0.246.1
Servidor
5620 SAM
GESMADR2
10.0.246.2

7.7 Diagrama completo de la red



8. Conclusiones

Al comienzo del diseño de la red me puse como objetivo satisfacer unos objetivos:

- Robustez
- Velocidad
- Gestión
- Económicos

La consecución de dichos objetivos los explico en los siguientes puntos, dando lugar a las conclusiones que he sacado al elegir estos equipos para montar una red que permite satisfacer las necesidades de mercado actuales.

Las redes MPLS se basan en una tecnología que trabaja en un nivel 2.5 de la torre OSI, mediante protocolos de enrutamiento basados en etiquetas. En la actualidad, son las que mejor rendimiento están ofreciendo a las operadoras por un sencillo motivo: son capaces de aprovechar todas las infraestructuras que tienen montadas dichas operadoras y ofrecer una serie de mejoras a nivel de sencillez, de redundancia y de mayor disponibilidad. El mayor desembolso económico que ha de plantearse una empresa de servicios de red consiste en el despliegue de su infraestructura con lo que una red MPLS permite aprovechar toda la infraestructura desplegada para mejorar los servicios prestados sin tener que volver a plantearse el gran desembolso económico de montar una nueva infraestructura.

Los equipos ALU 7750 son actualmente las máquinas de conmutación líderes en los mercados mundiales. El motivo, es la capacidad que poseen para implementar una red de servicios con la robustez que los clientes exigen en sus conexiones. Mediante sus servicios nivel 2 (VPLS) y nivel 3 (VPRN) son capaces de integrar cualquier tipo de tecnología más antigua como ATM o Frame Relay e integrarla en una red MPLS/Ethernet.

El objetivo de robustez y gestión lo que conseguido de la siguiente manera:

- Mediante el diseño de una red de gestión fuera de banda que nos permite conocer detalladamente y en tiempo real el funcionamiento de la red de conmutación. Cualquier problema en la red será visible instantáneamente sin que dicho problema pueda afectar al mantenimiento de esta, como podría ocurrir en una red con gestión en banda. A parte, dicha red se encuentra conectada con el gestor 5620 SAM que nos permite una monitorización gráfica y soluciones rápidas en línea. Con este punto, a parte del objetivo de robustez cumplo también el objetivo de una buena gestión de red que me había propuesto.
- El diseño de caminos redundados aporta la máxima fiabilidad de cada a problemas en la red de transmisión, ya que de surgir alguno, el tráficos se redirigiría por el camino secundario hasta que el primario se viera restablecido.
- El diseño de los troncales de un mismo nodo sobre diferentes tarjetas también aporta la robustez necesaria a nivel hardware. Al tener caminos redundados, no me puedo permitir que el fallo de una tarjeta implique el fallo de dos interfaces, por lo que al asignarse a tarjetas diferentes solucionamos esta probabilidad.
- El diseño de la topología de red en anillo en el CORE y mallado en las regiones periféricas, a parte de la redundancia que nos ofrece, también ha sido diseñado para evitar bucles en la red.
- Por último la elección de un equipo ALU 7750 ofrece una fiabilidad hardware garantizada y totalmente probada.

El objetivo de velocidad atiende a los siguientes motivos:

- Mediante la creación de LAGs a la hora de configurar los interfaces seremos capaces de agregar nuevos circuitos de transmisión para ampliar el ancho de banda sin que esto afecte en ningún momento al tráfico que se mueve por la red.
- La creación de caminos basándonos en el menor número de saltos se consigue reducir al máximo las latencias.
- La decisión por la que he preferido no utilizar fast reroute frente a utilizar caminos primarios con el secundario en standby atienden también a motivos de velocidad. Realizando pruebas en el laboratorio me di cuenta de que, aunque la

primera técnica es una mejora de la segunda, la versión actual del sistema operativo de los equipos hace que la conmutación entre caminos utilizando fast reroute tarde alrededor de medio segundo. Utilizando la técnica que he elegido la conmutación ronda los 5 ms. El problema que tiene esta técnica es que resulta tediosa al tener que controlar los caminos de manera administrativa.

- Por último, los equipos ALU 7750 permiten la inserción de tarjetas con puertos de hasta 100 Gbps, lo que se traduce en muy altas velocidades de conmutación.

Por último, en lo que me he fijado en el diseño de la red para conseguir ofrecer una red económica, pero de calidad, es en lo siguiente:

- La creación de la red de gestión paralela, aunque inicialmente supone un desembolso, a la larga constituye un gran ahorro de costes en mantenimiento. Normalmente, en una empresa de servicios de red, el 50% de los presupuestos se gastan en el mantenimiento de sus redes.
- Una red Ethernet/MPLS permite el aprovechamiento de infraestructuras de transmisión de diferentes tecnologías, con lo que al desarrollarla, la empresa no necesita implementar una nueva, que suele ser muy caro, sino aprovechar sus recursos y mejorarlos a lo largo del tiempo.
- La elección de equipos más potentes en el CORE y algo menos potentes en los equipos periféricos también supone un diseño en el que he buscado un equilibrio máximo entre calidad-ahorro.

Por último indicar, que este diseño, aunque virtual y a pequeña escala, podría utilizarse en la red de cualquier operadora, ya que se encuentra orientada a los requisitos que suelen presentar estas.